

PATENT COOPERATION TREATY

PCT

NOTIFICATION OF ELECTION

(PCT Rule 61.2)

From the INTERNATIONAL BUREAU

To:

Commissioner
US Department of Commerce
United States Patent and Trademark
Office, PCT
2011 South Clark Place Room
CP2/5C24
Arlington, VA 22202
ETATS-UNIS D'AMERIQUE

in its capacity as elected Office

Date of mailing (day/month/year) 13 March 2001 (13.03.01)	
International application No. PCT/DE00/01981	Applicant's or agent's file reference 99 P 8536 P
International filing date (day/month/year) 20 June 2000 (20.06.00)	Priority date (day/month/year) 22 June 1999 (22.06.99)
Applicant MASCHER, Karl et al	

1. The designated Office is hereby notified of its election made:

☒ in the demand filed with the International Preliminary Examining Authority on:
16 January 2001 (16.01.01)

☐ in a notice effecting later election filed with the International Bureau on:

2. The election ☒ was

☐ was not

made before the expiration of 19 months from the priority date or, where Rule 32 applies, within the time limit under Rule 32.2(b).

The International Bureau of WIPO
34, chemin des Colombettes
1211 Geneva 20, Switzerland

Facsimile No.: (41-22) 740.14.35

Authorized officer

Antonia Muller

Telephone No.: (41-22) 338.83.38

VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS

PCT

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

(Artikel 18 sowie Regeln 43 und 44 PCT)

Aktenzeichen des Anmelders oder Anwalts 99 P 8536 P	WEITERES VORGEHEN siehe Mitteilung über die Übermittlung des internationalen Recherchenberichts (Formblatt PCT/ISA/220) sowie, soweit zutreffend, nachstehender Punkt 5	
Internationales Aktenzeichen PCT/DE 00/ 01981	Internationales Anmeldedatum (Tag/Monat/Jahr) 20/06/2000	(Frühestes) Prioritätsdatum (Tag/Monat/Jahr) 22/06/1999
Anmelder SIEMENS AG		

Dieser internationale Recherchenbericht wurde von der Internationalen Recherchenbehörde erstellt und wird dem Anmelder gemäß Artikel 18 übermittelt. Eine Kopie wird dem Internationalen Büro übermittelt.

Dieser internationale Recherchenbericht umfaßt insgesamt 3 Blätter.

☒ Darüber hinaus liegt ihm jeweils eine Kopie der in diesem Bericht genannten Unterlagen zum Stand der Technik bei.

1. Grundlage des Berichts

a. Hinsichtlich der **Sprache** ist die internationale Recherche auf der Grundlage der internationalen Anmeldung in der Sprache durchgeführt worden, in der sie eingereicht wurde, sofern unter diesem Punkt nichts anderes angegeben ist.

☐ Die internationale Recherche ist auf der Grundlage einer bei der Behörde eingereichten Übersetzung der internationalen Anmeldung (Regel 23.1 b)) durchgeführt worden.

b. Hinsichtlich der in der internationalen Anmeldung offenbarten **Nucleotid- und/oder Aminosäuresequenz** ist die internationale Recherche auf der Grundlage des Sequenzprotokolls durchgeführt worden, das

☐ in der internationalen Anmeldung in schriftlicher Form enthalten ist.

☐ zusammen mit der internationalen Anmeldung in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.

☐ bei der Behörde nachträglich in schriftlicher Form eingereicht worden ist.

☐ bei der Behörde nachträglich in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.

☐ Die Erklärung, daß das nachträglich eingereichte schriftliche Sequenzprotokoll nicht über den Offenbarungsgehalt der internationalen Anmeldung im Anmeldezeitpunkt hinausgeht, wurde vorgelegt.

☐ Die Erklärung, daß die in computerlesbarer Form erfaßten Informationen dem schriftlichen Sequenzprotokoll entsprechen, wurde vorgelegt.

2. ☐ Bestimmte Ansprüche haben sich als nicht recherchierbar erwiesen (siehe Feld I).

3. ☐ Mangelnde Einheitslichkeit der Erfindung (siehe Feld II).

4. Hinsichtlich der Bezeichnung der Erfindung

☒ wird der vom Anmelder eingereichte Wortlaut genehmigt.

☐ wurde der Wortlaut von der Behörde wie folgt festgesetzt:

5. Hinsichtlich der Zusammenfassung

☒ wird der vom Anmelder eingereichte Wortlaut genehmigt.

☐ wurde der Wortlaut nach Regel 38.2b) in der in Feld III angegebenen Fassung von der Behörde festgesetzt. Der Anmelder kann der Behörde innerhalb eines Monats nach dem Datum der Absendung dieses internationalen Recherchenberichts eine Stellungnahme vorlegen.

6. Folgende Abbildung der **Zeichnungen** ist mit der Zusammenfassung zu veröffentlichen: Abb. Nr. 1

☒ wie vom Anmelder vorgeschlagen

☐ weil der Anmelder selbst keine Abbildung vorgeschlagen hat.

☐ weil diese Abbildung die Erfindung besser kennzeichnet.

☐ keine der Abb.

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 00/01981

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 H02K41/02 H01F7/16 H01H3/28 H01H33/66

Nach der internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 H02K H01F H01H

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, PAJ

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 74 32 801 U (SIEMENS) 27. März 1975 (1975-03-27)	1
Y	das ganze Dokument	2, 10
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 018, no. 682 (M-1729), 22. Dezember 1994 (1994-12-22) & JP 06 270673 A (KASAI KOGYO CO LTD; OTHERS: 01), 27. September 1994 (1994-09-27) Zusammenfassung	1-3, 5
X	GB 829 782 A (SOCIÉTÉ ANONYME DES USINES CHAUSSEON) 9. März 1960 (1960-03-09) Seite 2, Zeile 10 - Zeile 86; Abbildung 3	1-3, 5
	--- -/--	



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

9. Oktober 2000

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

16/10/2000

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Ramírez Fueyo, M

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

T/DE 00/01981

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 0 127 692 A (IBM DEUTSCHLAND ; IBM (US)) 12. Dezember 1984 (1984-12-12) Seite 7, Zeile 23 -Seite 9, Zeile 22; Abbildung 4 ----	1,3,5
Y	NL 1 006 087 C (BOGEY VENLO B V) 23. November 1998 (1998-11-23) Seite 8, Zeile 7 - Zeile 24; Abbildung 6 ----	2,10
A	US 5 394 131 A (LUNGU CORNELIUS DIPL ING) 28. Februar 1995 (1995-02-28) Spalte 14, Zeile 53 -Spalte 15, Zeile 11; Abbildungen 15,16 -----	1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/DE 00/01981

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 7432801	U		NONE	
JP 06270673	A	27-09-1994	NONE	
GB 829782	A		NONE	
EP 0127692	A	12-12-1984	CA 1200831 A DE 3376912 D JP 60037107 A US 4527139 A	18-02-1986 07-07-1988 26-02-1985 02-07-1985
NL 1006087	C	23-11-1998	NONE	
US 5394131	A	28-02-1995	DE 3942542 A AT 109300 T DE 4120149 A DE 19806720 A DE 59006647 D WO 9110242 A EP 0506799 A JP 5504445 T RU 2083013 C	27-06-1991 15-08-1994 24-12-1992 13-08-1998 01-09-1994 11-07-1991 07-10-1992 08-07-1993 27-06-1997

VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT
FÜR DEN PATENTWIRTSCHAFTSBEREICH

DIE MIT DER INTERNATIONALEN VORLÄUFIGEN
PRÜFUNG BEAUFTRAGTE BEHÖRDE

Schulz
16. JULI 2001

PCT Eingang 16. Juli 2001

GR

MITTEILUNG ÜBER DIE ÜBERSENDUNG
DES INTERNATIONALEN VORLÄUFIGEN
PRÜFUNGSBERICHTS

(Regel 71.1 PCT)

An

SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT
Postfach 22 16 34
D-80506 München
ALLEMAGNE

CT IPS AM Mch P/Ri

Eing. 11. Juli 2001

GR 22.10.01
Frist

Absendedatum
(Tag/Monat/Jahr)

10.07.01

Aktenzeichen des Anmelders oder Anwalts
1999 P 08536 WO

WICHTIGE MITTEILUNG

Internationales Aktenzeichen
PCT/DE 00/01981

Internationales Anmeldedatum
(Tag/Monat/Jahr)
20/06/2000

Prioritätsdatum (Tag/Monat/Jahr)
22/06/1999

Anmelder

SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT et al.

1. Dem Anmelder wird mitgeteilt, daß ihm die mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragte Behörde hiermit den zu der internationalen Anmeldung erstellten internationalen vorläufigen Prüfungsbericht, gegebenenfalls mit den dazugehörigen Anlagen, übermittelt.

EP: GB, FR, DE, IT, SE, CH
: US, CN, INDIEN

weiteres folgen!

St. G. W. L.

2. Eine Kopie des Berichts wird - gegebenenfalls mit den dazugehörigen Anlagen - dem Internationalen Büro zur Weiterleitung an alle ausgewählten Ämter übermittelt.

3. Auf Wunsch eines ausgewählten Amtes wird das Internationale Büro eine Übersetzung des Berichts (jedoch nicht der Anlagen) ins Englische anfertigen und diesem Amt übermitteln.

4. ERINNERUNG

Zum Eintritt in die nationale Phase hat der Anmelder vor jedem ausgewählten Amt innerhalb von 30 Monaten ab dem Prioritätsdatum (oder in manchen Ämtern noch später) bestimmte Handlungen (Einreichung von Übersetzungen und Entrichtung nationaler Gebühren) vorzunehmen (Artikel 39 (1)) (siehe auch die durch das Internationale Büro mit Formblatt PCT/IB/301 übermittelte Information).

Ist einem ausgewählten Amt eine Übersetzung der internationalen Anmeldung zu übermitteln, so muß diese Übersetzung auch Übersetzungen aller Anlagen zum internationalen vorläufigen Prüfungsbericht enthalten. Es ist Aufgabe des Anmelders, solche Übersetzungen anzufertigen und den betroffenen ausgewählten Ämtern direkt zuzuleiten.

Weitere Einzelheiten zu dem maßgebenden Fristen und Erfordernissen der ausgewählten Ämter sind Band II des PCT-Leitfadens für Anmelder zu entnehmen.

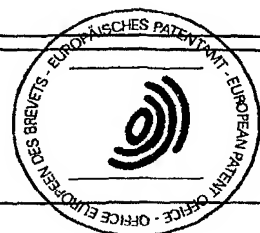
Name und Postanschrift der mit der internationalen vorläufigen
Prüfung beauftragten Behörde



Europäisches Patentamt
D-80298 München
Tel. (+49-89) 2399-0, Tx: 523656 epmu d
Fax: (+49-89) 2399-4465

Bevollmächtigter Bediensteter

Paola Ottaviani



VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT FÜR DEM GEBIET DES PATENTWESENS

PCT

INTERNATIONALER VORLÄUFIGER PRÜFUNGSBERICHT

(Artikel 36 und Regel 70 PCT)

Aktenzeichen des Anmelders oder Anwalts 1999 P 08536 WO	WEITERES VORGEHEN siehe Mitteilung über die Übersendung des internationalen vorläufigen Prüfungsberichts (Formblatt PCT/IPEA/416)	
Internationales Aktenzeichen PCT/DE 00/ 01981	Internationales Anmeldedatum (Tag/Monat/Jahr) 20/06/2000	Prioritätsdatum (Tag/Monat/Jahr) 22/06/1999
Internationale Patentklassifikation (IPK) oder nationale Klassifikation und IPK H02K41/02		
Anmelder SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT et al.		

1. Der internationale vorläufige Prüfungsbericht wurde von der mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragten Behörde erstellt und wird dem Anmelder gemäß Artikel 36 übermittelt.


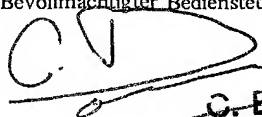
2. Dieser **BERICHT** umfaßt insgesamt 5 Blätter einschließlich dieses Deckblatts.

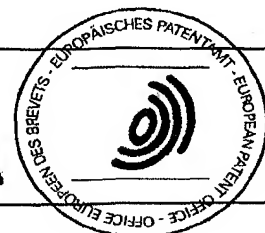
☒ Außerdem liegen dem Bericht **ANLAGEN** bei; dabei handelt es sich um Blätter mit Beschreibungen, Ansprüchen und/oder Zeichnungen, die geändert wurden und diesem Bericht zugrunde liegen, und/oder Blätter mit vor dieser Behörde vorgenommenen Berichtigungen (siehe Regel 70.16 und Abschnitt 607 der Verwaltungsvorschriften zum PCT)

Diese Anlagen umfassen insgesamt 17 Blätter.

3. Dieser Bericht enthält Angaben und die entsprechenden Seiten zu folgenden Punkten:

- I ☒ Grundlage des Berichts
- II ☐ Priorität
- III ☐ Keine Erstellung eines Gutachtens über Neuheit, erfinderische Tätigkeit und gewerbliche Anwendbarkeit
- IV ☐ Mangelnde Einheitlichkeit der Erfindung
- V ☒ Begründete Feststellung nach Artikel 35(2) hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung
- VI ☐ Bestimmte angeführte Unterlagen
- VII ☒ Bestimmte Mängel der internationalen Anmeldung
- VIII ☒ Bestimmte Bemerkungen zur internationalen Anmeldung

Datum der Einreichung des Antrags 16/01/2001	Datum der Fertigstellung dieses Berichts 10.07.01
Name und Postanschrift der mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragten Behörde  Europäisches Patentamt D-80298 München Tel. (+49-89) 2399-0, Tx: 523656 epmu d Fax: (+49-89) 2399-4465	Bevollmächtigter Bediensteter  C. Bournot



I. Grundlage des Berichts

1. Dieser Bericht wurde erstellt auf der Grundlage (Ersatzblätter, die dem Anmeldeamt auf eine Aufforderung nach Artikel 14 hin vorgelegt wurden, gelten im Rahmen dieses Berichts als "ursprünglich eingereicht" und sind ihm nicht beigelegt, weil sie keine Änderungen enthalten.)

☐ der internationalen Anmeldung in der ursprünglich eingereichten Fassung

☒ der Beschreibung, Seite

in der ursprünglich eingereichten Fassung

Seite 1 - 14

, eingereicht mit dem Antrag

Seite

, eingereicht mit Schreiben vom

☒ der Ansprüche, Nr.

in der ursprünglich eingereichten Fassung

Nr.

in der nach Artikel 19 geänderten Fassung

Nr.

, eingereicht mit dem Antrag

Nr. 1 - 11

, eingereicht mit Schreiben vom 30.05.01

☒ der Zeichnungen, Blatt / Abb. 1/3 - 3/3

in der ursprünglich eingereichten Fassung

Blatt / Abb.

, eingereicht mit dem Antrag

Blatt / Abb.

, eingereicht mit Schreiben vom

2. Aufgrund der Änderungen sind folgende Unterlagen fortgefallen:

☐ Beschreibung: Seite

☐ Ansprüche: Nr.

☐ Zeichnungen: Blatt / Abb.

3. ☐ Dieser Bericht ist ohne Berücksichtigung (von einigen) der Änderungen erstellt worden, da diese aus den im Zusatzfeld angegebenen Gründen nach Auffassung der Behörde über den Offenbarungsgehalt in der ursprünglich eingereichten Fassung hinausgehen (Regel 70.2 c)).

4. Etwaige zusätzliche Bemerkungen:

V. Begründete Feststellung nach Artikel 35 (2) hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung

1. Feststellung

Neuheit	Ansprüche	1 - 11	JA
	Ansprüche		NEIN
Erfinderische Tätigkeit	Ansprüche	1 - 11	JA
	Ansprüche		NEIN
Gewerbliche Anwendbarkeit	Ansprüche	1 - 11	JA
	Ansprüche		NEIN

2. Unterlagen und Erklärungen

Anspruch 1:

N, ET: Die GB-A-829 782 (nächst kommender Stand der Technik) offenbart einen magnetischen Linearantrieb entsprechend dem Oberbegriff des Anspruchs 1. Unterschiedlich gegenüber diesem Stand der Technik ist erfindungsgemäß insbesondere, daß der magnetisch aktive Teil in zwei Endpositionen dauerhaft positionierbar und durch Einwirkung eines Stromes von einer ersten Endposition in eine zweite Endposition überführbar ist.

Beim Stand der Technik schließen sich die Feldlinien der beiden Permanentmagnete über die Kerne des Magnetkreises in der Mittellage (siehe GB-A-829 782, Seite 2, Zeilen 50 - 58), so daß durch diese Konstruktion der bewegbare Teil nur in einer einzigen Mittellage dauerhaft zu positionieren ist.

Somit ist der Gegenstand des Anspruchs 1 durch die GB-A-829 782 nicht nahegelegt und genügt den Erfordernissen des Artikels 33 (2) und (3) PCT.

Das gleiche gilt für das Verfahren gemäß den unabhängigen Ansprüchen 7 und 11.

Die abhängigen Ansprüche 2 bis 6 und 8 bis 10 beziehen sich auf zweckmäßige Ausführungsformen des magnetischen Linearantriebs gemäß Anspruch 1 und des Verfahrens gemäß Anspruch 7.

GA: Die gewerbliche Anwendbarkeit des beanspruchten magnetischen Linearantriebs und dessen Betriebsverfahren ist offensichtlich.

VII. Bestimmte Mängel der internationalen Anmeldung

Es wurde festgestellt, daß die internationale Anmeldung nach Form oder Inhalt folgende Mängel aufweist:

In der Beschreibungseinleitung fehlt die Angabe des relevanten Standes der Technik (GB-A-829 782) (Regel 5.1 (a), (ii) PCT).

VIII. Bestimmte Bemerkungen zur internationalen Anmeldung

Zur Klarheit der Patentansprüche, der Beschreibung und der Zeichnungen oder zu der Frage, ob die Ansprüche in vollem Umfang durch die Beschreibung gestützt werden, ist folgendes zu bemerken:

Die Beschreibungseinleitung ist an den neuen Ansprüchen nicht angepaßt (Regel 6 PCT).

Beschreibung

Magnetischer Linearantrieb

5 Die Erfindung bezieht sich auf einen magnetischen Linearantrieb, insbesondere für einen elektrischen Schalter mit einer mit einem Strom beaufschlagbaren Spule, in deren Innerem durch den Strom in einer Axialrichtung ein magnetischer Fluß erzeugbar ist.

10

Aus der US-Patentschrift 4,817,494 ist ein magnetischer Linearantrieb zum Beschleunigen eines Projektils bekannt.

15 Aus der US-Patentschrift 5,719,451 ist ebenfalls ein magnetischer Linearantrieb bekannt, dort beispielsweise zur Anwendung in Flüssigkeitspumpen. Den dort dargestellten Linearantrieben ist gemeinsam, dass eine Magnetspule einen Anker in Axialrichtung der Spule beschleunigt.

20 Ein derartiger magnetischer Linearantrieb ist beispielsweise auch aus der GB 10 68 610 bekannt. Bei dem dort beschriebenen Antrieb handelt es sich um einen Antrieb für ein Ventil, bei dem mittels der Bewegung eines Ankers ein Flüssigkeitskanal abgesperrt oder geöffnet wird.

25

Der Anker weist dort einen Permanentmagneten auf, dessen magnetischer Fluß in seinem Inneren in der Bewegungsrichtung des Ankers und senkrecht zu der Axialrichtung ausgerichtet ist.

30

In seinen Endstellungen fährt der Anker jeweils gegen mechanische Anschläge derart, daß jeweils ein Pol des Dauermagneten mit dem Anschlag in Berührung kommt und daß durch die ma-

GR 1999 P 0853

2

gnetische Wirkung des Dauermagneten dieser an dem Anschlag gehalten wird.

Wird die Spule mit einem Strom beaufschlagt, so muß die magnetische Wirkung des Stroms zunächst die Haltekraft des Permanentmagneten am Anschlag überwinden. Dies äußert sich in einer Verzögerung der Ankerbeschleunigung. Außerdem wird der Anker bei seiner Bewegung zu einer Endstellung hin erst unmittelbar vor Erreichen des Anschlages zum Anschlag gezogen, da der zwischen dem Pol des Permanentmagneten und der Anschlagsfläche befindliche Luftspalt erst zum Ende der Bewegung hin genügend verkleinert ist.

Demgegenüber liegt der vorliegenden Erfindung die Aufgabe zugrunde, einen magnetischen Linearantrieb der eingangs genannten Art zu schaffen, der eine unverzögerte Beschleunigung des Ankers bei geringem konstruktivem Aufwand und geringem Steuerungsaufwand erreicht.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß der magnetische Linearantrieb, mit einem Anker versehen ist, der ausschließlich senkrecht zu der Axialrichtung beweglich ist und der einen magnetisch aktiven Teil aufweist, dessen Bewegungsbahn durch einen Luftspalt innerhalb eines die Spule durchsetzenden Kernes hindurch oder an einer Stirnseite des Kernes vorbeiführt, wobei der magnetisch aktive Teil unmagnetisiert ist oder derart magnetisiert ist, daß der magnetische Fluß innerhalb des magnetisch aktiven Teils parallel oder antiparallel zu der Axialrichtung verläuft.

30

Wird die Spule mit einem Strom beaufschlagt, so wird in ihrem Inneren in der Axialrichtung ein magnetischer Fluß erzeugt, der innerhalb des Kernes verläuft und im Bereich des Luftspal-

tes aus dem Kern austritt. Ein magnetisch aktiver Teil eines Ankers, der beispielsweise ferromagnetisch unmagnetisiert oder magnetisiert, insbesondere dauermagnetisiert in einer Richtung antiparallel zu der Richtung des magnetischen Flusses der Spule ist, wird zum Spuleninneren hin beschleunigt. Ein Magnet, dessen innerer magnetischer Fluß parallel zum Fluß der Spule ausgerichtet ist, wird aus dem Inneren der Spule heraus abgestoßen. Dieser Effekt wird zum Antrieb des Ankers ausgenutzt.

10

Insbesondere dann, wenn der magnetisch aktive Teil ferromagnetisch oder als Dauermagnet in antiparalleler Richtung zu der Axialrichtung magnetisiert ist, kann der magnetische Linearantrieb vorteilhaft als Schalterantrieb für einen elektrischen Schalter, beispielsweise einen Hochspannungsschaltungsschalter oder einen Vakuumschalter, verwendet werden.

15

Befindet sich der Anker in einer Endposition seiner Bewegungsbahn derart, daß beim Einschalten des Spulenstromes der magnetische Fluß der Spule zu einem geringen Anteil durch den magnetisch aktiven Teil hindurchtritt, so führt dies dazu, daß der Anker zur Spulenmitte hin beschleunigt wird, bis ein maximaler Teil des magnetischen Flusses der Spule durch den magnetisch aktiven Teil hindurchtritt. Während der Bewegung des Ankers wird der Stromfluß durch die Spule mittels einer Steuereinrichtung unterbrochen, so daß der Anker aufgrund seiner dynamischen Energie und der dynamischen Energie der angetriebenen Massen sich über die Spule hinaus weiter bewegt, ohne daß der magnetische Fluß der Spule durch die Einwirkung auf den magnetisch aktiven Teil den Anker abbremsen kann.

20

25

30

GR 1999 P 085

4

Auf diese Weise ist eine optimale Beschleunigung des Ankers zu Beginn der Bewegung gewährleistet.

Ein gewünschtes Beschleunigungsprofil des Ankers kann beispielsweise dadurch erreicht werden, daß der Luftspalt zwischen dem Kern und der Bewegungsbahn des magnetisch aktiven Teils entlang der Bewegungsbahn unterschiedlich breit ausgebildet wird. Je geringer der Luftspalt in einem bestimmten Bereich entlang der Bewegungsbahn ist, desto größer ist die Kraftwirkung auf den Anker in diesem Bereich.

Mit dem Anker ist beispielsweise eine Antriebsstange eines elektrischen Schalters verbunden, die ihrerseits einen Schaltkontakt einer Unterbrechereinheit antreibt.

15

Mechanische Anschläge können im Bereich der Schaltstange oder im Bereich des Linearantriebs selbst realisiert sein.

Eine vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, daß der magnetisch aktive Teil magnetisiert ist und daß in wenigstens einer Endposition des magnetisch aktiven Teils dieser wenigstens teilweise derart im Bereich eines außerhalb der Spule angeordneten Jochkörpers angeordnet ist, daß der aus dem magnetisch aktiven Teil aus- oder in diesen eintretende magnetische Fluß wenigstens zum Teil unmittelbar durch eine dem magnetisch aktiven Teil zugewandte Begrenzungsfläche des Jochkörpers hindurchtritt.

Die Begrenzungsfläche ist vorteilhaft im wesentlichen senkrecht zu der Axialrichtung ausgerichtet.

Für den Fall, daß der magnetisch aktive Teil magnetisiert, beispielsweise als Elektromagnet, oder dauermagnetisiert ist,

hat der magnetische Fluß des magnetisch aktiven Teils die Tendenz, einen Luftspalt zu einem benachbart angeordneten Jochkörper möglichst zu verringern.

- 5 Im Endbereich der Bewegungsbahn des Ankers ist wenigstens ein Jochkörper angeordnet, in den der magnetische Fluß des magnetisch aktiven Teils wenigstens auf einem Teil der Länge des magnetisch aktiven Teils eintreten kann.
- 10 Auf den Anker findet somit eine Kraftwirkung statt, die bestrebt ist, eine möglichst große Überlappung zwischen dem magnetisch aktiven Teil und dem Jochkörper zu erzeugen derart, daß möglichst der gesamte magnetische Fluß des magnetisch aktiven Teils in den Jochkörper durch eine möglichst senkrecht
- 15 zu der Axialrichtung angeordnete Begrenzungsfläche eintreten kann. Die Kraftwirkung in Richtung der Bewegungsbahn des Ankers ist im wesentlichen unabhängig davon, wie weit der magnetisch aktive Teil und der Jochkörper überlappen.
- 20 Hierdurch ist eine von der Stellung des Ankers im Endbereich der Bewegung im wesentlichen unabhängige Haltekraft realisiert, die den Anker in einer seiner Endpositionen hält.

Eine derartige Anordnung kann vorteilhaft für beide Endpositionen des magnetisch aktiven Teils bzw. des Ankers realisiert sein.

Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, daß der Spule bezüglich der Bewegungsbahn des magnetisch

30 aktiven Teils eine zweite Spule gegenüberliegt, die mit einem Strom in demselben Richtungssinn wie die erste Spule beaufschlagbar ist.

GR 1999 P 0853

6

Durch zwei in der dargestellten Weise kombinierte Spulen ist ein entsprechend größerer magnetischer Fluß erzeugbar, was zu einer größeren potentiellen Beschleunigung des Ankers führt.

- 5 Außerdem kann vorgesehen sein, daß die erste und die zweite Spule in Bewegungsrichtung des Ankers gegeneinander versetzt sind.

10 Durch einen derartigen Versatz der Spulen in Bewegungsrichtung des Ankers gegeneinander kann ein bestimmtes Beschleunigungsprofil entlang der Bewegungsbahn erreicht werden.

Es kann auch vorgesehen sein, daß jede der Spulen für jeweils eine der Bewegungsrichtungen des Ankers genutzt wird.

15

Außerdem kann vorteilhaft vorgesehen sein, daß zwei Jochkörper vorgesehen sind, die einander bezüglich der Bewegungsbahn des magnetisch aktiven Teils gegenüberliegen und die zwischen sich Luftspalte bilden, die wenigstens teilweise von der Bewegungsbahn des magnetisch aktiven Teils durchsetzt sind.

20

Durch einen weiteren Jochkörper, der dem ersten Jochkörper bezüglich der Bewegungsbahn des magnetisch aktiven Teils gegenüberliegt, wird der magnetische Kreis sowohl für den Fluß durch die Spule als auch für den Fluß des magnetisch aktiven Teils in jeder der Endpositionen geschlossen, so daß jeweils eine große Kraftwirkung sowohl für die Beschleunigung als auch für die Haltekraft in den Endpositionen erreicht wird.

25

30 Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, in der Steuerungseinrichtung mehrere aufladbare und fallweise gemeinsam oder alternativ mit der Spule verbindbare Ladekondensatoren vorgesehen sind.

Die verschiedenen Ladekondensatoren können für unterschiedliche Schaltfälle (beispielsweise unterschiedliche Belastungsfälle eines anzutreibenden Leistungsschalters) oder unterschiedlich für eine Ein- und Ausschaltung genutzt werden.

Die Erfindung bezieht sich außerdem auf ein Verfahren zum Betrieb eines magnetischen Linearantriebs, bei dem vorgesehen ist, daß die Spule zum Antrieb des Ankers in verschiedene Richtungen jeweils mit einem Strom gleicher Richtung beaufschlagt wird.

Gleich in welcher Endposition sich der Anker bzw. der magnetisch aktive Teil befindet, wird er bei Erzeugung eines magnetischen Flusses im Inneren der Spule zum Spuleninneren hin beschleunigt. Wird der Strom durch die Spule rechtzeitig unterbrochen, so bewegt sich der Anker bis zu der jeweils anderen Endposition. Dies vereinfacht die Ansteuerung der Spule beträchtlich.

Das erfindungsgemäße Verfahren kann vorteilhaft dadurch ausgestaltet werden, daß die Beaufschlagung mit einem Strom beendet wird, bevor das magnetisch aktive Teil seine Endposition erreicht hat.

Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung sieht vor, daß der Stromfluß durch die Spule unterbrochen wird, sobald aufgrund eines elektrischen Schwingungsvorgangs die Speisespannung ihr Vorzeichen umkehrt.

Da die Spule eine elektrische Induktivität sowie einen ohmschen Widerstand darstellt und im Normalfall durch eine Kapazität gespeist wird, ergibt sich ein elektrischer Schwing-

kreis in der Ansteuerung des Linearantriebs. Dies führt zur Entstehung einer elektrischen Schwingung, so daß die an der Spule anliegende Speisespannung irgendwann ihr Vorzeichen umkehrt.

5

Dies würde eine Umkehrung des magnetischen Flusses bedeuten, was eine Umkehrung der magnetischen Kraftwirkung auf den magnetisch aktiven Teil bedeuten würde, die ungewollt ist. Daher wird vorteilhaft die Speisespannung überwacht und der Stromfluß durch die Spule unterbrochen, sobald die Speisespannung ihr Vorzeichen umkehrt.

Es kann auch vorteilhaft vorgesehen sein, daß der Stromfluß zu einem Ladekondensator umgeleitet wird, sobald die Speisespannung aufgrund eines elektrischen Schwingungsvorgangs ihr Vorzeichen umkehrt.

Eine weitere vorteilhafte Gestaltung eines Verfahrens zum Betrieb eines erfindungsgemäßen Linearantriebs sieht vor, dass zuerst ein Strom in der Spule erzeugt wird, dessen resultierender magnetischer Fluss in der Spule antiparallel zu einer Magnetisierung des magnetisch aktiven Teils gerichtet ist, sofern dieses magnetisiert ist, und dass, nachdem das magnetisch aktive Teil auf seiner Bewegungsbahn den Ort der größten Magnetfeldstärke der Spule erreicht hat, die Stromrichtung durch die Spule umgekehrt wird.

Durch Anwendung dieses Verfahrens wird der Anker zunächst beschleunigt, während er zum Spuleninneren gezogen wird. Nachdem das magnetisch aktive Teil den Ort der größten Magnetfeldstärke innerhalb der Spule erreicht hat, würde er, wenn der Strom durch die Spule weiter fließen würde, abgebremst. Kehrt man zu diesem Zeitpunkt die Stromrichtung

in der/den Spule(n) um, so wird das magnetisch aktive Teil zu Bereichen geringerer Magnetfeldstärke gedrückt, das heißt zum Spulenäußeren. Dadurch findet eine fortgesetzte Kraftwirkung auf den Anker statt, so dass auch größere äußere Lasten

5 überwunden werden können. Dieser Effekt tritt auch ohne ein anfängliche Magnetisierung des magnetisch aktiven Teils ein aufgrund der Restmagnetisierung nach Durchlaufen der ersten Phase der Bewegung.

10 Für die Umkehrung der Stromrichtung bietet sich eine passende Dimensionierung der Ladekondensatoren der Spulen an, die in dem aus Kondensator und Spule gebildeten Schwingkreis ein Schwingverhalten mit einer geeigneten Zeitkonstanten zur Folge hat. Dadurch kehrt sich der Spulenstrom selbsttätig zum
15 geeigneten Zeitpunkt um. Hierfür kann auch eine elektronische Steuerung vorgesehen sein.

Im folgenden wird die Erfindung anhand eines Ausführungsbeispiels in einer Zeichnung gezeigt und anschließend beschrieben.
20

Dabei zeigt

Figur 1 schematisch im Querschnitt den magnetischen Linearantrieb,

25 Figur 2 eine Ansteuerungsschaltung für die Spule des Linearantriebs und

Figur 3 schematisch die Energieversorgung für den Linearantrieb.

30 In der Figur 1 ist ein magnetischer Linearantrieb dargestellt, mit einem Anker 1, der aus einem Stab 2 aus glasfaserverstärktem Kunststoff und einem magnetisch aktiven Teil 3 aus einem dauermagnetischem Werkstoff besteht und an den an

5 einem Ende eine Schaltstange 4 angekoppelt ist, die nur schematisch dargestellt und mit einem antreibbaren Schaltkontakt 5 der Unterbrechereinheit eines Hochspannungsleistungsschalters verbunden ist. Der Linearantrieb erzeugt Bewegungen in Richtung des Doppelpfeiles 6.

10 Der Anker 1 bewegt sich in dem Luftspalt 7 zwischen einem ersten Jochkörper 8 und einem zweiten Jochkörper 9, die einander bezüglich der Bewegungsbahn des Ankers 1 spiegelbildlich gegenüberliegen.

Jeder der Jochkörper weist eine ringförmige Ausnehmung auf, in die jeweils eine Spule 10, 11 eingebracht ist. Die Spulen 10, 11 sind jeweils mit elektrischen Anschlüssen versehen und
15 mittels einer Steuereinrichtung mit einem Strom beaufschlagbar.

Wird wenigstens eine der Spulen 10, 11 mit einem Strom beaufschlagt, so ist beispielsweise die Stromrichtung derart, daß
20 im oberen Teil der Spule 10 der Strom in die Zeichenebene hineinläuft und im unteren Teil der Spule der Strom aus der Zeichenebene austritt wie durch den Punkt 12 veranschaulicht wird.

25 Hierdurch wird ein magnetischer Fluß in der Axialrichtung 34 erzeugt, der durch die Pfeile 13 dargestellt ist und der durch einen ersten Kern 14 des ersten Jochkörpers 8 innerhalb der Spule 10 und durch einen zweiten Kern 15 des zweiten Jochkörpers 9 innerhalb der Spule 11 hindurchtritt.

30

In der dargestellten Endposition des Ankers, in der dieser in nicht dargestellter Weise an einem mechanischen Anschlag ruht, tritt bereits ein Teil 16 des magnetischen Flusses 13

GR 1999 P 0853

11

der Spulen 10, 11 durch einen Randbereich des magnetisch aktiven Teils 3 des Ankers hindurch.

Der übrige Teil des magnetischen Flusses 13 der Spulen 10, 11 muß den breiten Luftspalt zwischen den Kernen 14, 15 überwinden, der durch den GFK-Körper des Ankers 1 nicht überbrückt wird.

Demgemäß hat der magnetische Fluß die Tendenz, den magnetisch aktiven Teil 3 in der Darstellung nach unten zu beschleunigen, so daß der magnetische Fluß 13 der Spulen 10, 11 auf einer möglichst großen Länge des magnetisch aktiven Teils 3 durch diesen hindurchtritt und antiparallel zu dem im Inneren des magnetisch aktiven Teils 3 herrschenden magnetischen Fluß 17 verläuft.

Wenn der magnetisch aktive Teil 3 etwa in der Mitte der Spulen 10, 11 angekommen ist, wird der Stromfluß durch die Spulen 10, 11 unterbrochen, um ein Abbremsen des magnetischen Teils beim Austritt aus dem Fluß 13 der Spulen 10, 11 zu verhindern.

Der Anker bewegt sich aufgrund der dynamischen Energie weiter, bis daß eine zweite, gestrichelt dargestellte Endposition 36 des magnetisch aktiven Teils 3 erreicht ist.

In dem Bewegungsbereich vor Erreichen der Endposition hat der magnetische Fluß 17 innerhalb des magnetisch aktiven Teils 3 das Bestreben, über einen möglichst geringen Luftspalt in einen der Jochkörper 8, 9 ein und aus diesem wieder auszutreten.

Die auf den Anker in seinen Endpositionen wirkenden Haltekräfte werden anhand der in der Figur 1 dargestellten oberen Endposition beschrieben.

- 5 Wenn der Stromfluß durch die Spulen 10, 11 unterbrochen ist, entfällt der magnetische Fluß 13.

Ein Teil des magnetischen Flusses 17 im Inneren des magnetisch aktiven Teils 3 kann unmittelbar in den Jochkörper 8 durch die Begrenzungsfläche 35 eintreten, wobei der Fluß über den zweiten Jochkörper 9 unter Zwischenschaltung der unvermeidbaren Luftspalte geschlossen wird, so daß von dort der magnetische Fluß wieder in den magnetisch aktiven Teil 3 eintreten kann.

15

Die Teile 18 des magnetischen Flusses in dem magnetisch aktiven Teil 3, die in Höhe einer Spulenwicklung 10, 11 liegen, müssen einen breiten Luftspalt überwinden, um in einen Jochkörper 8 einzutreten. Daher besteht in der dargestellten Konstellation das Bestreben, den magnetisch aktiven Teil 3 weiter nach oben zu bewegen, um eine möglichst große Überlappung der Länge des magnetisch aktiven Teils 3 mit dem Teil des Jochkörpers 8 oberhalb der Spule 10 zu erreichen.

- 25 Die magnetische Kraftwirkung auf den Anker 1 ist hierbei weitgehend unabhängig davon, wie weit der magnetisch aktive Teil 3 mit dem Teil des Jochkörpers 8 oberhalb der Spule 10 bereits überlappt. Daher ist die Haltekraft auf den Anker in der Endposition weitgehend unabhängig von mechanischen Toleranzen.
- 30

Entsprechendes gilt für die andere, gestrichelt dargestellte Endposition des Ankers.

In der Figur 1 ist außerdem dargestellt, daß beide Jochkörper 8, 9 im Bereich der Kerne 14, 15 entlang der Bewegungsbahn des magnetisch aktiven Teils derart profiliert sind, daß der Luftspalt zwischen dem Anker 3 und den Jochkörpern 8, 9 nach oben hin breiter wird. Dies bedeutet, daß die Kraftwirkung auf den magnetisch aktiven Teil 3 während dessen Bewegungen nach oben abnimmt. Auf diese Weise kann beim Ausschalten der Unterbrechereinheit zum Anfang der Bewegung eine hohe Beschleunigung und zu deren Ende hin eine schwächer werdende Beschleunigung erreicht werden. Außerdem ist denkbar, daß beispielsweise die zweite Spule 11 gegenüber der ersten Spule 10 nach unten entlang der Bewegungsbahn des Ankers 1 versetzt ist, so daß bei einem Ausschaltvorgang, d. h. einer Bewegung des Ankers 1 von unten nach oben, zunächst die zweite Spule 11 die Hauptlast der Beschleunigung tragen würde und später die erste Spule 10.

Auch hierdurch läßt sich eine bestimmte Profilierung der Beschleunigung erreichen.

In der Figur 2 ist eine Ansteuerschaltung gezeigt, mit einem Ladekondensator 19, der über einen ersten IGBT (insulated-gate bipolar Transistor) 20 und einen zweiten IGBT 21 mit der Spule 22 innerhalb des magnetischen Linearantriebs verbindbar ist. Mit 23 ist der ohmsche Widerstand der Spule 22 und ihrer Zuleitungen symbolisch bezeichnet.

Werden die IGBT's 20, 21 durchgeschaltet, so fließt ein Strom durch die Spule 22 in Richtung des mit 24 bezeichneten Pfeiles. Dieser fließt durch den ersten IGBT 20 und weiter entlang der Pfeile 25, 26, 27.

Entlädt sich der Kondensator 19, so sinkt die Spannung an der Spule 22 und es wird dort eine Gegenspannung induziert, die bestrebt ist, die Stromstärke des Stromes 24 aufrecht zu erhalten. Die Gegenspannung an der Spule 22 ist der Speisespannung entgegengesetzt, so daß sich ein Spannungsulldurchgang
5 ergibt. Zu diesem Zeitpunkt werden die IGBT's 21, 22 ausgeschaltet, d. h. sie sperren den Strom.

Der durch die Spannung innerhalb der Spule 22 induzierte
10 Strom fließt über die Dioden 28, 29 in Richtung des Pfeiles 30 zu dem Kondensator 19 zurück und lädt diesen teilweise wieder auf. Dadurch wird Energie beim Betrieb des Linearantriebs gespart, was insbesondere dann von Bedeutung ist, wenn ein mit diesem angetriebener Hochspannungsschalter im Notbe-
15 trieb mittels Batterien betrieben werden muß.

Die Figur 3 zeigt schematisch die Energieversorgung eines Linearantriebs über drei unterschiedliche Ansteuerungseinheiten 31, 32, 33, von denen jede einen eigenen Ladekondensator auf-
20 weist, wobei die Ladekondensatoren unterschiedliche Kapazitäten haben können. Hierdurch wird für unterschiedliche Schaltfälle jeweils eine unterschiedliche Energiemenge in Form von in den Ladekondensatoren gespeicherter elektrischer Feldenergie zur Verfügung gestellt.

25

Die unterschiedlichen Ansteuerungen 31, 32, 33 können auch für schnell aufeinander folgende Aus-Ein-Aus-Schaltungen genutzt werden.

Patentansprüche

1. Magnetischer Linearantrieb, insbesondere für einen elektrischen Schalter, mit einer mit einem Strom beaufschlagbaren Spule (10,11), in deren Innerem durch den Strom in einer Axialrichtung (34) ein magnetischer Fluß (13) erzeugbar ist, mit einem Anker (1), der ausschließlich senkrecht zu der Axialrichtung (34) beweglich ist und der einen magnetisch aktiven Teil (3) aufweist, dessen Bewegungsbahn durch einen Luftspalt (7) innerhalb eines die Spule (10,11) durchsetzenden Kernes (14,15) hindurch oder an einer Stirnseite des Kernes (14,15) vorbeiführt, wobei der magnetisch aktive Teil (3) unmagnetisiert ist oder derart magnetisiert ist, daß der magnetische Fluß (17) innerhalb des magnetisch aktiven Teils (3) parallel oder antiparallel zu der Axialrichtung (34) verläuft,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass
der magnetisch aktive Teil in zwei Endpositionen dauerhaft positionierbar und durch Einwirkung eines Stromes von einer ersten Endposition in eine zweite Endposition überführbar ist.

2. Magnetischer Linearantrieb nach Anspruch 1,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass
der magnetisch aktive Teil (3) magnetisiert ist und daß in wenigstens einer Endposition des magnetisch aktiven Teils (3) dieser wenigstens teilweise derart im Bereich eines außerhalb der Spule angeordneten Jochkörpers (8,9) angeordnet ist, daß der aus dem magnetisch aktiven Teil (3) aus- oder in diesen eintretende magnetische Fluß (17) wenigstens zum Teil unmittelbar durch eine dem magnetisch aktiven Teil zugewandte Begrenzungsfläche (35) des Jochkörpers hindurchtritt.

GEÄNDERTES BLATT

3. Magnetischer Linearantrieb nach einem der Ansprüche 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Spule (10) bezüglich der Bewegungsbahn des magnetisch ak-
5 tiven Teils (3) eine zweite Spule (11) gegenüberliegt, die
mit der ersten Spule (10) mit einem Strom in demselben Rich-
tungssinn wie die erste Spule (10) beaufschlagbar ist.

4. Magnetischer Linearantrieb nach Anspruch 1, 2 oder 3,
10 dadurch gekennzeichnet, dass
die erste und die zweite Spule (10,11) in Bewegungsrichtung
des Ankers (1) gegeneinander versetzt sind.

5. Magnetischer Linearantrieb nach einem der Ansprüche 1 bis
15 4,
dadurch gekennzeichnet, dass
zwei Jochkörper (8,9) vorgesehen sind, die einander bezüglich
der Bewegungsbahn des magnetisch aktiven Teils (3) gegenüber-
liegen und die zwischen sich Luftspalte (7) bilden, die we-
20 nigstens teilweise von der Bewegungsbahn des magnetisch akti-
ven Teils (3) durchsetzt sind.

6. Magnetischer Linearantrieb nach einem der Ansprüche 1 bis
5 mit einer Steuerungseinrichtung,
25 dadurch gekennzeichnet, dass
in der Steuerungseinrichtung (31,32,33) mehrere aufladbare
und fallweise gemeinsam oder alternativ mit einer Spule ver-
bindbare Ladekondensatoren (19) vorgesehen sind.

30 7. Verfahren zum Betrieb eines magnetischen Linearantriebs
nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Spule (10,11) zum Antrieb des Ankers (1) in verschiedene

Richtungen jeweils mit einem Strom gleicher Richtung beaufschlagt wird.

8. Verfahren nach Anspruch 7,

5 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass
die Beaufschlagung mit einem Strom beendet wird, bevor das
magnetisch aktive Teil (3) seine Endposition erreicht hat.

9. Verfahren nach Anspruch 8,

10 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass
der Stromfluß durch die Spule (10,11) unterbrochen wird, so-
bald aufgrund eines elektrischen Schwingungsvorgangs die
Speisespannung ihr Vorzeichen umkehrt.

15 10. Verfahren nach Anspruch 8,

 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass
der Stromfluß zu einem Ladekondensator (19) umgeleitet wird,
sobald die Speisespannung aufgrund eines elektrischen Schwin-
gungsvorgangs ihr Vorzeichen umkehrt.

20

11. Verfahren zum Betrieb eines magnetischen Linearantriebes
nach Anspruch 1,

 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass
zuerst ein Strom in der Spule (10,11) erzeugt wird, dessen
25 resultierender magnetischer Fluss in der Spule (10,11)
antiparallel zu einer Magnetisierung des magnetisch aktiven
Teils (3) gerichtet ist, sofern dieses magnetisiert ist, und
dass, nachdem das magnetisch aktive Teil (3) auf seiner
Bewegungsbahn den Ort der größten Magnetfeldstärke der Spule
30 (10,11) erreicht hat, die Stromrichtung durch die Spule
(10,11) umgekehrt wird.

GEÄNDERTES BLATT

VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS

Absender: INTERNATIONALE RECHERCHENBEHÖRDE

PCT

An
SIEMENS AG
Postfach 22 16 34
D-80506 München
GERMANY

MITTEILUNG ÜBER DIE ÜBERMITTLUNG DES
INTERNATIONALEN RECHERCHENBERICHTS
ODER DER ERKLÄRUNG

ZT GG VM Mch P/Fi

Eing. 13. Okt. 2000

GR
Frist

(Regel 44.1 PCT)
ZT PA Bth

Eing. 17. Okt. 2000

Absendedatum
(Tag/Monat/Jahr)

GR
16/10/2000

Aktenzeichen des Anmelders oder Anwalts

99 P 8536 P

WEITERES VORGEHEN

siehe Punkte 1 und 4 unten

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 00/01981

Internationales Anmeldedatum

(Tag/Monat/Jahr) 20/06/2000

Anmelder

SIEMENS AG

1. ☒ Dem Anmelder wird mitgeteilt, daß der internationale Recherchenbericht erstellt wurde und ihm hiermit übermittelt wird.

Einreichung von Änderungen und einer Erklärung nach Artikel 19:

Der Anmelder kann auf eigenen Wunsch die Ansprüche der internationalen Anmeldung ändern (siehe Regel 46):

Bis wann sind Änderungen einzureichen?

Die Frist zur Einreichung solcher Änderungen beträgt üblicherweise zwei Monate ab der Übermittlung des internationalen Recherchenberichts; weitere Einzelheiten sind den Anmerkungen auf dem Beiblatt zu entnehmen.

Wo sind Änderungen einzureichen?

Unmittelbar beim Internationalen Büro der WIPO, 34, CHEMIN des Colombettes, CH-1211 Genf 20,
Telefaxnr.: (41-22) 740.14.35

Nähere Hinweise sind den Anmerkungen auf dem Beiblatt zu entnehmen.

2. ☐ Dem Anmelder wird mitgeteilt, daß kein internationaler Recherchenbericht erstellt wird und daß ihm hiermit die Erklärung nach Artikel 17(2)a) übermittelt wird.

3. ☐ **Hinsichtlich des Widerspruchs** gegen die Entrichtung einer zusätzlichen Gebühr (zusätzlicher Gebühren) nach Regel 40.2 wird dem Anmelder mitgeteilt, daß

☐ der Widerspruch und die Entscheidung hierüber zusammen mit seinem Antrag auf Übermittlung des Wortlauts sowohl des Widerspruchs als auch der Entscheidung hierüber an die Bestimmungsbüro dem Internationalen Büro übermittelt worden sind.

☐ noch keine Entscheidung über den Widerspruch vorliegt; der Anmelder wird benachrichtigt, sobald eine Entscheidung getroffen wurde.


4. **Weiteres Vorgehen:** Der Anmelder wird auf folgendes aufmerksam gemacht:

Kurz nach Ablauf von **18 Monaten** seit dem Prioritätsdatum wird die internationale Anmeldung vom Internationalen Büro veröffentlicht. Will der Anmelder die Veröffentlichung verhindern oder auf einen späteren Zeitpunkt verschieben, so muß gemäß Regel 90 bis 90^{bis}3 vor Abschluß der technischen Vorbereitungen für die internationale Veröffentlichung eine Erklärung über die Zurücknahme der internationalen Anmeldung oder des Prioritätsanspruchs beim Internationalen Büro eingehen.

Innerhalb von **19 Monaten** seit dem Prioritätsdatum ist ein Antrag auf internationale vorläufige Prüfung einzureichen, wenn der Anmelder den Eintritt in die nationale Phase bis zu 30 Monaten seit dem Prioritätsdatum (in manchen Ämtern sogar noch länger) verschieben möchte.

Innerhalb von **20 Monaten** seit dem Prioritätsdatum muß der Anmelder die für den Eintritt in die nationale Phase vorgeschriebenen Handlungen vor allen Bestimmungsbüro vornehmen, die nicht innerhalb von 19 Monaten seit dem Prioritätsdatum in der Anmeldung oder einer nachträglichen Auswahlerklärung ausgewählt wurden oder nicht ausgewählt werden konnten, da für sie Kapitel II des Vertrages nicht verbindlich ist.

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

 Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL-2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Sandra Van der Meer

ANMERKUNGEN ZU FORMBLATT PCT/ISA

Diese Anmerkungen sollen grundlegende Hinweise zur Einreichung von Änderungen gemäß Artikel 19 geben. Diesen Anmerkungen liegen die Erfordernisse des Vertrags über die internationale Zusammenarbeit auf dem Gebiet des Patentwesens (PCT), der Ausführungsordnung und der Verwaltungsrichtlinien zu diesem Vertrag zugrunde. Bei Abweichungen zwischen diesen Anmerkungen und obengenannten Texten sind letztere maßgebend. Nähere Einzelheiten sind dem PCT-Leitfaden für Anmelder, einer Veröffentlichung der WIPO, zu entnehmen.

Die in diesen Anmerkungen verwendeten Begriffe "Artikel", "Regel" und "Abschnitt" beziehen sich jeweils auf die Bestimmungen des PCT-Vertrags, der PCT-Ausführungsordnung bzw. der PCT-Verwaltungsrichtlinien.

HINWEISE ZU ÄNDERUNGEN GEMÄSS ARTIKEL 19

Nach Erhalt des internationalen Recherchenberichts hat der Anmelder die Möglichkeit, einmal die Ansprüche der internationalen Anmeldung zu ändern. Es ist jedoch zu betonen, daß, da alle Teile der internationalen Anmeldung (Ansprüche, Beschreibung und Zeichnungen) während des internationalen vorläufigen Prüfungsverfahrens geändert werden können, normalerweise keine Notwendigkeit besteht, Änderungen der Ansprüche nach Artikel 19 einzureichen, außer wenn der Anmelder z.B. zum Zwecke eines vorläufigen Schutzes die Veröffentlichung dieser Ansprüche wünscht oder ein anderer Grund für eine Änderung der Ansprüche vor ihrer internationalen Veröffentlichung vorliegt. Weiterhin ist zu beachten, daß ein vorläufiger Schutz nur in einigen Staaten erhältlich ist.

Welche Teile der internationalen Anmeldung können geändert werden?

Im Rahmen von Artikel 19 können nur die Ansprüche geändert werden.

In der internationalen Phase können die Ansprüche auch nach Artikel 34 vor der mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragten Behörde geändert (oder nochmals geändert) werden. Die Beschreibung und die Zeichnungen können nur nach Artikel 34 vor der mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragten Behörde geändert werden.

Beim Eintritt in die nationale Phase können alle Teile der internationalen Anmeldung nach Artikel 28 oder gegebenenfalls Artikel 41 geändert werden.

Bis wann sind Änderungen einzureichen?

Innerhalb von zwei Monaten ab der Übermittlung des internationalen Recherchenberichts oder innerhalb von sechzehn Monaten ab dem Prioritätsdatum, je nachdem, welche Frist später abläuft. Die Änderungen gelten jedoch als rechtzeitig eingereicht, wenn sie dem Internationalen Büro nach Ablauf der maßgebenden Frist, aber noch vor Abschluß der technischen Vorbereitungen für die internationale Veröffentlichung (Regel 46.1) zugehen.

Wo sind die Änderungen nicht einzureichen?

Die Änderungen können nur beim Internationalen Büro, nicht aber beim Anmeldeamt oder der Internationalen Recherchenbehörde eingereicht werden (Regel 46.2).

Falls ein Antrag auf internationale vorläufige Prüfung eingereicht wurde/wird, siehe unten.

In welcher Form können Änderungen erfolgen?

Eine Änderung kann erfolgen durch Streichung eines oder mehrerer ganzer Ansprüche, durch Hinzufügung eines oder mehrerer neuer Ansprüche oder durch Änderung des Wortlauts eines oder mehrerer Ansprüche in der eingereichten Fassung.

Für jedes Anspruchsblatt, das sich aufgrund einer oder mehrerer Änderungen von dem ursprünglich eingereichten Blatt unterscheidet, ist ein Ersatzblatt einzureichen.

Alle Ansprüche, die auf einem Ersatzblatt erscheinen, sind mit arabischen Ziffern zu numerieren. Wird ein Anspruch gestrichen, so brauchen die anderen Ansprüche nicht neu nummeriert zu werden. Im Fall einer Neunummerierung sind die Ansprüche fortlaufend zu nummerieren (Verwaltungsrichtlinien, Abschnitt 205 b)).

Die Änderungen sind in der Sprache abzufassen, in der die internationale Anmeldung veröffentlicht wird.

Welche Unterlagen sind den Änderungen beizufügen?

Begleitschreiben (Abschnitt 205 b)):

Die Änderungen sind mit einem Begleitschreiben einzureichen.

Das Begleitschreiben wird nicht zusammen mit der internationalen Anmeldung und den geänderten Ansprüchen veröffentlicht. Es ist nicht zu verwechseln mit der "Erklärung nach Artikel 19(1)" (siehe unten, "Erklärung nach Artikel 19 (1)").

Das Begleitschreiben ist nach Wahl des Anmelders in englischer oder französischer Sprache abzufassen. Bei englischsprachigen internationalen Anmeldungen ist das Begleitschreiben aber ebenfalls in englischer, bei französischsprachigen internationalen Anmeldungen in französischer Sprache abzufassen.

ANMERKUNGEN ZU FORMBLATT PCT/ISA/220 (Übersetzung)

Im Begleitschreiben sind die Unterschiede zwischen den Ansprüchen in der eingereichten Fassung und den geänderten Ansprüchen anzugeben. So ist insbesondere zu jedem Anspruch in der internationalen Anmeldung anzugeben (gleichlautende Angaben zu verschiedenen Ansprüchen können zusammengefaßt werden), ob

- i) der Anspruch unverändert ist;
- ii) der Anspruch gestrichen worden ist;
- iii) der Anspruch neu ist;
- iv) der Anspruch einen oder mehrere Ansprüche in der eingereichten Fassung ersetzt;
- v) der Anspruch auf die Teilung eines Anspruchs in der eingereichten Fassung zurückzuführen ist.

Im folgenden sind Beispiele angegeben, wie Änderungen im Begleitschreiben zu erläutern sind:

1. [Wenn anstelle von ursprünglich 48 Ansprüchen nach der Änderung einiger Ansprüche 51 Ansprüche existieren]:
"Die Ansprüche 1 bis 29, 31, 32, 34, 35, 37 bis 48 werden durch geänderte Ansprüche gleicher Numerierung ersetzt; Ansprüche 30, 33 und 36 unverändert; neue Ansprüche 49 bis 51 hinzugefügt."
2. [Wenn anstelle von ursprünglich 15 Ansprüchen nach der Änderung aller Ansprüche 11 Ansprüche existieren]:
"Geänderte Ansprüche 1 bis 11 treten an die Stelle der Ansprüche 1 bis 15."
3. [Wenn ursprünglich 14 Ansprüche existierten und die Änderungen darin bestehen, daß einige Ansprüche gestrichen werden und neue Ansprüche hinzugefügt werden]:
"Ansprüche 1 bis 6 und 14 unverändert; Ansprüche 7 bis 13 gestrichen; neue Ansprüche 15, 16 und 17 hinzugefügt. "Oder" Ansprüche 7 bis 13 gestrichen; neue Ansprüche 15, 16 und 17 hinzugefügt; alle übrigen Ansprüche unverändert."
4. [Wenn verschiedene Arten von Änderungen durchgeführt werden]:
"Ansprüche 1-10 unverändert; Ansprüche 11 bis 13, 18 und 19 gestrichen; Ansprüche 14, 15 und 16 durch geänderten Anspruch 14 ersetzt; Anspruch 17 in geänderte Ansprüche 15, 16 und 17 unterteilt; neue Ansprüche 20 und 21 hinzugefügt."

"Erklärung nach Artikel 19(1)" (Regel 46.4)

Den Änderungen kann eine Erklärung beigefügt werden, mit der die Änderungen erläutert und ihre Auswirkungen auf die Beschreibung und die Zeichnungen dargelegt werden (die nicht nach Artikel 19 (1) geändert werden können).

Die Erklärung wird zusammen mit der internationalen Anmeldung und den geänderten Ansprüchen veröffentlicht.

Sie ist in der Sprache abzufassen, in der die internationale Anmeldung veröffentlicht wird.

Sie muß kurz gehalten sein und darf, wenn in englischer Sprache abgefaßt oder ins Englische übersetzt, nicht mehr als 500 Wörter umfassen.

Die Erklärung ist nicht zu verwechseln mit dem Begleitschreiben, das auf die Unterschiede zwischen den Ansprüchen in der eingereichten Fassung und den geänderten Ansprüchen hinweist, und ersetzt letzteres nicht. Sie ist auf einem gesonderten Blatt einzureichen und in der Überschrift als solche zu kennzeichnen, vorzugsweise mit den Worten "Erklärung nach Artikel 19 (1)".

Die Erklärung darf keine herabsetzenden Äußerungen über den internationalen Recherchenbericht oder die Bedeutung von in dem Bericht angeführten Veröffentlichungen enthalten. Sie darf auf im internationalen Recherchenbericht angeführte Veröffentlichungen, die sich auf einen bestimmten Anspruch beziehen, nur im Zusammenhang mit einer Änderung dieses Anspruchs Bezug nehmen.

Auswirkungen eines bereits gestellten Antrags auf internationale vorläufige Prüfung

Ist zum Zeitpunkt der Einreichung von Änderungen nach Artikel 19 bereits ein Antrag auf internationale vorläufige Prüfung gestellt worden, so sollte der Anmelder in seinem Interesse gleichzeitig mit der Einreichung der Änderungen beim Internationalen Büro auch eine Kopie der Änderungen bei der mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragten Behörde einreichen (siehe Regel 62.2 a), erster Satz).

Auswirkungen von Änderungen hinsichtlich der Übersetzung der internationalen Anmeldung beim Eintritt in die nationale Phase

Der Anmelder wird darauf hingewiesen, daß bei Eintritt in die nationale Phase möglicherweise anstatt oder zusätzlich zu der Übersetzung der Ansprüche in der eingereichten Fassung eine Übersetzung der nach Artikel 19 geänderten Ansprüche an die bestimmten/ausgewählten Ämter zu übermitteln ist.

Nähere Einzelheiten über die Erfordernisse jedes bestimmten/ausgewählten Amtes sind Band II des PCT-Leitfadens für Anmelder zu entnehmen.

VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT
AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS

PCT

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

(Artikel 18 sowie Regeln 43 und 44 PCT)

Aktenzeichen des Anmelders oder Anwalts 99 P 8536 P	WEITERES VORGEHEN siehe Mitteilung über die Übermittlung des internationalen Recherchenberichts (Formblatt PCT/ISA/220) sowie, soweit zutreffend, nachstehender Punkt 5	
Internationales Aktenzeichen PCT/DE 00/ 01981	Internationales Anmeldedatum (Tag/Monat/Jahr) 20/06/2000	(Frühestes) Prioritätsdatum (Tag/Monat/Jahr) 22/06/1999
Anmelder SIEMENS AG		

Dieser internationale Recherchenbericht wurde von der Internationalen Recherchenbehörde erstellt und wird dem Anmelder gemäß Artikel 18 übermittelt. Eine Kopie wird dem Internationalen Büro übermittelt.

Dieser internationale Recherchenbericht umfaßt insgesamt 3 Blätter.

☒ Darüber hinaus liegt ihm jeweils eine Kopie der in diesem Bericht genannten Unterlagen zum Stand der Technik bei.

1. Grundlage des Berichts

a. Hinsichtlich der **Sprache** ist die internationale Recherche auf der Grundlage der internationalen Anmeldung in der Sprache durchgeführt worden, in der sie eingereicht wurde, sofern unter diesem Punkt nichts anderes angegeben ist.

☐ Die internationale Recherche ist auf der Grundlage einer bei der Behörde eingereichten Übersetzung der internationalen Anmeldung (Regel 23.1 b)) durchgeführt worden.

b. Hinsichtlich der in der internationalen Anmeldung offenbarten **Nucleotid- und/oder Aminosäuresequenz** ist die internationale Recherche auf der Grundlage des Sequenzprotokolls durchgeführt worden, das

☐ in der internationalen Anmeldung in schriftlicher Form enthalten ist.

☐ zusammen mit der internationalen Anmeldung in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.

☐ bei der Behörde nachträglich in schriftlicher Form eingereicht worden ist.

☐ bei der Behörde nachträglich in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.

☐ Die Erklärung, daß das nachträglich eingereichte schriftliche Sequenzprotokoll nicht über den Offenbarungsgehalt der internationalen Anmeldung im Anmeldezeitpunkt hinausgeht, wurde vorgelegt.

☐ Die Erklärung, daß die in computerlesbarer Form erfaßten Informationen dem schriftlichen Sequenzprotokoll entsprechen, wurde vorgelegt.

2. ☐ Bestimmte Ansprüche haben sich als nicht recherchierbar erwiesen (siehe Feld I).

3. ☐ Mangelnde Einheitlichkeit der Erfindung (siehe Feld II).

4. Hinsichtlich der **Bezeichnung der Erfindung**

☒ wird der vom Anmelder eingereichte Wortlaut genehmigt.

☐ wurde der Wortlaut von der Behörde wie folgt festgesetzt:

5. Hinsichtlich der **Zusammenfassung**

☒ wird der vom Anmelder eingereichte Wortlaut genehmigt.

☐ wurde der Wortlaut nach Regel 38.2b) in der in Feld III angegebenen Fassung von der Behörde festgesetzt. Der Anmelder kann der Behörde innerhalb eines Monats nach dem Datum der Absendung dieses internationalen Recherchenberichts eine Stellungnahme vorlegen.

6. Folgende Abbildung der **Zeichnungen** ist mit der Zusammenfassung zu veröffentlichen: Abb. Nr. 1

☒ wie vom Anmelder vorgeschlagen

☐ weil der Anmelder selbst keine Abbildung vorgeschlagen hat.

☐ weil diese Abbildung die Erfindung besser kennzeichnet.

☐ keine der Abb.

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 00/01981

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 H02K41/02 H01F7/16 H01H3/28 H01H33/66

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 H02K H01F H01H

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, PAJ

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 74 32 801 U (SIEMENS) = D 1 27. März 1975 (1975-03-27)	1
Y	das ganze Dokument	2, 10
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 018, no. 682 (M-1729), 22. Dezember 1994 (1994-12-22) & JP 06 270673 A (KASAI KOGYO CO LTD; OTHERS: 01), 27. September 1994 (1994-09-27) Zusammenfassung D 2	1-3, 5
X	GB 829 782 A (SOCIÉTÉ ANONYME DES USINES CHAUSSEON) 9. März 1960 (1960-03-09) Seite 2, Zeile 10 - Zeile 86; Abbildung 3 D ? -/-	1-3, 5



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

9. Oktober 2000

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

16/10/2000

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Ramírez Fueyo, M

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

ST/DE 00/01981

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH GEGEBENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 0 127 692 A (IBM DEUTSCHLAND ; IBM (US)) 12. Dezember 1984 (1984-12-12) Seite 7, Zeile 23 -Seite 9, Zeile 22; Abbildung 4	1,3,5
Y	NL 1 006 087 C (BOGEY VENLO B V) 23. November 1998 (1998-11-23) Seite 8, Zeile 7 - Zeile 24; Abbildung 6	2,10
A	US 5 394 131 A (LUNGU CORNELIUS DIPL ING) 28. Februar 1995 (1995-02-28) Spalte 14, Zeile 53 -Spalte 15, Zeile 11; Abbildungen 15,16	1

*D 1 betrifft Antrieb für ein Relais!
müß verglich. mit Schalterantrieb*

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 00/01981

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 7432801 U		KEINE	
JP 06270673 A	27-09-1994	KEINE	
GB 829782 A		KEINE	
EP 0127692 A	12-12-1984	CA 1200831 A	18-02-1986
		DE 3376912 D	07-07-1988
		JP 60037107 A	26-02-1985
		US 4527139 A	02-07-1985
NL 1006087 C	23-11-1998	KEINE	
US 5394131 A	28-02-1995	DE 3942542 A	27-06-1991
		AT 109300 T	15-08-1994
		DE 4120149 A	24-12-1992
		DE 19806720 A	13-08-1998
		DE 59006647 D	01-09-1994
		WO 9110242 A	11-07-1991
		EP 0506799 A	07-10-1992
		JP 5504445 T	08-07-1993
		RU 2083013 C	27-06-1997

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
28. Dezember 2000 (28.12.2000)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 00/79672 A1

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: **H02K 41/02**,
H01F 7/16, H01H 3/28, 33/66

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von
US): **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT** [DE/DE];
Wittelsbacherplatz 2, D-80333 München (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: **PCT/DE00/01981**

(72) Erfinder; und

(22) Internationales Anmeldedatum:
20. Juni 2000 (20.06.2000)

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **MASCHER, Karl**
[DE/DE]; Am Dachsbau 102A, D-13503 Berlin (DE).
SCHULER, Klaus [DE/DE]; Pfefferweg 1, D-13589
Berlin (DE). **ARNDT, Andreas** [DE/DE]; Lindenallee 12,
D-31191 Algermissen (DE). **WISKEN, Holger, Gerhard**
[DE/DE]; Carl-Pateus-Strasse 4, D-29378 Wittingen (DE).
CANDERS, Wolf, Rüdiger [DE/DE]; Fuchshaller Weg
38, D-37520 Osterode/Harz (DE). **MAY, Hardo** [DE/DE];
Sprottau Strasse 14, D-38124 Braunschweig (DE). **WEH,**
Herbert [DE/DE]; Wöhlerstrasse 20, D-38116 Braun-
schweig (DE).

(25) Einreichungssprache: **Deutsch**

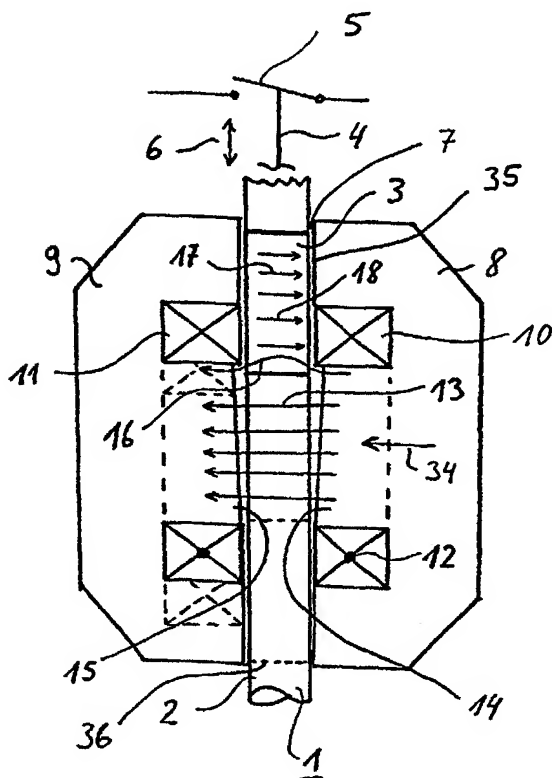
(26) Veröffentlichungssprache: **Deutsch**

(30) Angaben zur Priorität:
199 29 572.7 22. Juni 1999 (22.06.1999) **DE**

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: **MAGNETIC LINEAR DRIVE**

(54) Bezeichnung: **MAGNETISCHER LINEARANTRIEB**



(57) Abstract: In a magnetic linear drive, a coil (10, 11) is provided, inside which a magnetic flow (13) can be produced by a current in axial direction (34). Said drive comprises an armature (1) that can only move perpendicular in relation to the axial direction (34) and that includes a magnetically active part (3) that is magnetized in a particularly antiparallel manner in relation to the axial direction (34). The armature is driven by a current impulse that accelerates said armature in the direction of the center of the coil independently of the starting position of the magnetically active part (3).

(57) Zusammenfassung: Bei einem magnetischen Linearantrieb ist eine Spule (10, 11) vorgesehen, in deren Innerem durch einen Strom in einer Axialrichtung (34) ein magnetischer Fluß (13) erzeugbar ist mit einem Anker (1), der ausschließlich senkrecht zu der Axialrichtung (34) beweglich ist und der einen magnetisch aktiven Teil (3) aufweist, der insbesondere antiparallel zu der Axialrichtung (34) magnetisiert ist. Der Anker wird durch einen Stromstoß angetrieben, der unabhängig von der Startposition des magnetisch aktiven Teils (3) diesen zur Spulenmitte hin beschleunigt.

WO 00/79672 A1

Beschreibung

Magnetischer Linearantrieb

5 Die Erfindung bezieht sich auf einen magnetischen Linearantrieb, insbesondere für einen elektrischen Schalter mit einer mit einem Strom beaufschlagbaren Spule, in deren Innerem durch den Strom in einer Axialrichtung ein magnetischer Fluß erzeugbar ist.

10

Ein derartiger magnetischer Linearantrieb ist beispielsweise aus der GB 10 68 610 bekannt. Bei dem dort beschriebenen Antrieb handelt es sich um einen Antrieb für ein Ventil, bei dem mittels der Bewegung eines Ankers ein Flüssigkeitskanal
15 abgesperrt oder geöffnet wird.

20

Der Anker weist dort einen Permanentmagneten auf, dessen magnetischer Fluß in seinem Inneren in der Bewegungsrichtung des Ankers und senkrecht zu der Axialrichtung ausgerichtet
20 ist.

25

In seinen Endstellungen fährt der Anker jeweils gegen mechanische Anschläge derart, daß jeweils ein Pol des Dauermagneten mit dem Anschlag in Berührung kommt und daß durch die magnetische Wirkung des Dauermagneten dieser an dem Anschlag
25 gehalten wird.

30

Wird die Spule mit einem Strom beaufschlagt, so muß die magnetische Wirkung des Stroms zunächst die Haltekraft des Permanentmagneten am Anschlag überwinden. Dies äußert sich in
30 einer Verzögerung der Ankerbeschleunigung. Außerdem wird der Anker bei seiner Bewegung zu einer Endstellung hin erst unmittelbar vor Erreichen des Anschlages zum Anschlag gezogen,

Insbesondere dann, wenn der magnetisch aktive Teil ferromagnetisch oder als Dauermagnet in antiparalleler Richtung zu der Axialrichtung magnetisiert ist, kann der magnetische Lin-

5 nearantrieb vorteilhaft als Schalterantrieb für einen elektrischen Schalter, beispielsweise einen Hochspannungsschalter oder einen Vakuumschalter, verwendet werden.

Befindet sich der Anker in einer Endposition seiner Bewegungsbahn derart, daß beim Einschalten des Spulenstromes der magnetische Fluß der Spule zu einem geringen Anteil durch den magnetisch aktiven Teil hindurchtritt, so führt dies dazu, daß der Anker zur Spulenmitte hin beschleunigt wird, bis ein maximaler Teil des magnetischen Flusses der Spule durch den

10 magnetisch aktiven Teil hindurchtritt. Während der Bewegung des Ankers wird der Stromfluß durch die Spule mittels einer Steuereinrichtung unterbrochen, so daß der Anker aufgrund seiner dynamischen Energie und der dynamischen Energie der angetriebenen Massen sich über die Spule hinaus weiter be-

15 wegt, ohne daß der magnetische Fluß der Spule durch die Einwirkung auf den magnetisch aktiven Teil den Anker abbremsen kann.

Auf diese Weise ist eine optimale Beschleunigung des Ankers zu Beginn der Bewegung gewährleistet.

25

Ein gewünschtes Beschleunigungsprofil des Ankers kann beispielsweise dadurch erreicht werden, daß der Luftspalt zwischen dem Kern und der Bewegungsbahn des magnetisch aktiven

30 Teils entlang der Bewegungsbahn unterschiedlich breit ausgebildet wird. Je geringer der Luftspalt in einem bestimmten Bereich entlang der Bewegungsbahn ist, desto größer ist die Kraftwirkung auf den Anker in diesem Bereich.

5

Auf den Anker findet somit eine Kraftwirkung statt, die bestrebt ist, eine möglichst große Überlappung zwischen dem magnetisch aktiven Teil und dem Jochkörper zu erzeugen derart, daß möglichst der gesamte magnetische Fluß des magnetisch aktiven Teils in den Jochkörper durch eine möglichst senkrecht zu der Axialrichtung angeordnete Begrenzungsfläche eintreten kann. Die Kraftwirkung in Richtung der Bewegungsbahn des Ankers ist im wesentlichen unabhängig davon, wie weit der magnetisch aktive Teil und der Jochkörper überlappen.

10

Hierdurch ist eine von der Stellung des Ankers im Endbereich der Bewegung im wesentlichen unabhängige Haltekraft realisiert, die den Anker in einer seiner Endpositionen hält.

15 Eine derartige Anordnung kann vorteilhaft für beide Endpositionen des magnetisch aktiven Teils bzw. des Ankers realisiert sein.

20 Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, daß der Spule bezüglich der Bewegungsbahn des magnetisch aktiven Teils eine zweite Spule gegenüberliegt, die mit einem Strom in demselben Richtungssinn wie die erste Spule beaufschlagbar ist.

25 Durch zwei in der dargestellten Weise kombinierte Spulen ist ein entsprechend größerer magnetischer Fluß erzeugbar, was zu einer größeren potentiellen Beschleunigung des Ankers führt.

30 Außerdem kann vorgesehen sein, daß die erste und die zweite Spule in Bewegungsrichtung des Ankers gegeneinander versetzt sind.

ist, daß die Spule zum Antrieb des Ankers in verschiedene Richtungen jeweils mit einem Strom gleicher Richtung beaufschlagt wird.

- 5 Gleich in welcher Endposition sich der Anker bzw. der magnetisch aktive Teil befindet, wird er bei Erzeugung eines magnetischen Flusses im Inneren der Spule zum Spuleninneren hin beschleunigt. Wird der Strom durch die Spule rechtzeitig unterbrochen, so bewegt sich der Anker bis zu der jeweils anderen Endposition. Dies vereinfacht die Ansteuerung der Spule beträchtlich.

Das erfindungsgemäße Verfahren kann vorteilhaft dadurch ausgestaltet werden, daß die Beaufschlagung mit einem Strom beendet wird, bevor das magnetisch aktive Teil seine Endposition erreicht hat.

Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung sieht vor, daß der Stromfluß durch die Spule unterbrochen wird, sobald aufgrund eines elektrischen Schwingungsvorgangs die Speisespannung ihr Vorzeichen umkehrt.

Da die Spule eine elektrische Induktivität sowie einen ohmschen Widerstand darstellt und im Normalfall durch eine Kapazität gespeist wird, ergibt sich ein elektrischer Schwingkreis in der Ansteuerung des Linearantriebs. Dies führt zur Entstehung einer elektrischen Schwingung, so daß die an der Spule anliegende Speisespannung irgendwann ihr Vorzeichen umkehrt.

30

Dies würde eine Umkehrung des magnetischen Flusses bedeuten, was eine Umkehrung der magnetischen Kraftwirkung auf den magnetisch aktiven Teil bedeuten würde, die ungewollt ist. Da-

Für die Umkehrung der Stromrichtung bietet sich eine passende Dimensionierung der Ladekondensatoren der Spulen an, die in dem aus Kondensator und Spule gebildeten Schwingkreis ein
5 Schwingverhalten mit einer geeigneten Zeitkonstanten zur Folge hat. Dadurch kehrt sich der Spulenstrom selbsttätig zum geeigneten Zeitpunkt um. Hierfür kann auch eine elektronische Steuerung vorgesehen sein.

10 Im folgenden wird die Erfindung anhand eines Ausführungsbeispiels in einer Zeichnung gezeigt und anschließend beschrieben.

Dabei zeigt

15 Figur 1 schematisch im Querschnitt den magnetischen Linearantrieb,

Figur 2 eine Ansteuerungsschaltung für die Spule des Linearantriebs und

20 Figur 3 schematisch die Energieversorgung für den Linearantrieb.

In der Figur 1 ist ein magnetischer Linearantrieb dargestellt, mit einem Anker 1, der aus einem Stab 2 aus glasfaserverstärktem Kunststoff und einem magnetisch aktiven Teil 3
25 aus einem dauermagnetischen Werkstoff besteht und an den an einem Ende eine Schaltstange 4 angekoppelt ist, die nur schematisch dargestellt und mit einem antreibbaren Schaltkontakt 5 der Unterbrechereinheit eines Hochspannungsleistungsschalters verbunden ist. Der Linearantrieb erzeugt Bewegungen in
30 Richtung des Doppelpfeiles 6.

Der Anker 1 bewegt sich in dem Luftspalt 7 zwischen einem ersten Jochkörper 8 und einem zweiten Jochkörper 9, die ein-

11

Demgemäß hat der magnetische Fluß die Tendenz, den magnetisch aktiven Teil 3 in der Darstellung nach unten zu beschleunigen, so daß der magnetische Fluß 13 der Spulen 10, 11 auf einer möglichst großen Länge des magnetisch aktiven Teils 3 durch diesen hindurchtritt und antiparallel zu dem im Inneren des magnetisch aktiven Teils 3 herrschenden magnetischen Fluß 17 verläuft.

Wenn der magnetisch aktive Teil 3 etwa in der Mitte der Spulen 10, 11 angekommen ist, wird der Stromfluß durch die Spulen 10, 11 unterbrochen, um ein Abbremsen des magnetischen Teils beim Austritt aus dem Fluß 13 der Spulen 10, 11 zu verhindern.

Der Anker bewegt sich aufgrund der dynamischen Energie weiter, bis daß eine zweite, gestrichelt dargestellte Endposition 36 des magnetisch aktiven Teils 3 erreicht ist.

In dem Bewegungsbereich vor Erreichen der Endposition hat der magnetische Fluß 17 innerhalb des magnetisch aktiven Teils 3 das Bestreben, über einen möglichst geringen Luftspalt in einen der Jochkörper 8, 9 ein und aus diesem wieder auszutreten.

Die auf den Anker in seinen Endpositionen wirkenden Haltekräfte werden anhand der in der Figur 1 dargestellten oberen Endposition beschrieben.

Wenn der Stromfluß durch die Spulen 10, 11 unterbrochen ist, entfällt der magnetische Fluß 13.

Ein Teil des magnetischen Flusses 17 im Inneren des magnetisch aktiven Teils 3 kann unmittelbar in den Jochkörper 8

13

schleunigung und zu deren Ende hin eine schwächer werdende Beschleunigung erreicht werden. Außerdem ist denkbar, daß beispielsweise die zweite Spule 11 gegenüber der ersten Spule 10 nach unten entlang der Bewegungsbahn des Ankers 1 versetzt ist, so daß bei einem Ausschaltvorgang, d. h. einer Bewegung des Ankers 1 von unten nach oben, zunächst die zweite Spule 11 die Hauptlast der Beschleunigung tragen würde und später die erste Spule 10.

- 10 Auch hierdurch läßt sich eine bestimmt Profilierung der Beschleunigung erreichen.

In der Figur 2 ist eine Ansteuerschaltung gezeigt, mit einem Ladekondensator 19, der über einen ersten IGBT (insulated-
15 gate bipolar Transistor) 20 und einen zweiten IGBT 21 mit der Spule 22 innerhalb des magnetischen Linearantriebs verbindbar ist. Mit 23 ist der ohmsche Widerstand der Spule 22 und ihrer Zuleitungen symbolisch bezeichnet.

- 20 Werden die IGBT's 20, 21 durchgeschaltet, so fließt ein Strom durch die Spule 22 in Richtung des mit 24 bezeichneten Pfeiles. Dieser fließt durch den ersten IGBT 20 und weiter entlang der Pfeile 25, 26, 27.

- 25 Entlädt sich der Kondensator 19, so sinkt die Spannung an der Spule 22 und es wird dort eine Gegenspannung induziert, die bestrebt ist, die Stromstärke des Stromes 24 aufrecht zu erhalten. Die Gegenspannung an der Spule 22 ist der Speisespannung entgegengesetzt, so daß sich ein Spannungsulldurchgang
30 ergibt. Zu diesem Zeitpunkt werden die IGBT's 21, 22 ausgeschaltet, d. h. sie sperren den Strom.

Patentansprüche

1. Magnetischer Linearantrieb, insbesondere für einen elektrischen Schalter, mit einer mit einem Strom beaufschlagbaren Spule (10,11), in deren Innerem durch den Strom in einer Axialrichtung (34) ein magnetischer Fluß (13) erzeugbar ist, mit einem Anker (1), der ausschließlich senkrecht zu der Axialrichtung (34) beweglich ist und der einen magnetisch aktiven Teil (3) aufweist, dessen Bewegungsbahn durch einen Luftspalt (7) innerhalb eines die Spule (10,11) durchsetzenden Kernes (14,15) hindurch oder an einer Stirnseite des Kernes (14,15) vorbeiführt, wobei der magnetisch aktive Teil (3) unmagnetisiert ist oder derart magnetisiert ist, daß der magnetische Fluß (17) innerhalb des magnetisch aktiven Teils (3) parallel oder antiparallel zu der Axialrichtung (34) verläuft.

2. Magnetischer Linearantrieb nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der magnetisch aktive Teil (3) magnetisiert ist und daß in wenigstens einer Endposition des magnetisch aktiven Teils (3) dieser wenigstens teilweise derart im Bereich eines außerhalb der Spule angeordneten Jochkörpers (8,9) angeordnet ist, daß der aus dem elektrisch aktiven Teil (3) aus- oder in diesen eintretende magnetische Fluß (17) wenigstens zum Teil unmittelbar durch eine dem magnetisch aktiven Teil zugewandte Begrenzungsfläche (35) des Jochkörpers hindurchtritt.

3. Magnetischer Linearantrieb nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Spule (10) bezüglich der Bewegungsbahn des magnetisch aktiven Teils (3) eine zweite Spule (11) gegenüberliegt, die

17

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß
die Beaufschlagung mit einem Strom beendet wird, bevor das
magnetisch aktive Teil (3) seine Endposition erreicht hat.

5 9 Verfahren nach Anspruch 8,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß
der Stromfluß durch die Spule (10,11) unterbrochen wird, so-
bald aufgrund eines elektrischen Schwingungsvorgangs die
Speisespannung ihr Vorzeichen umkehrt.

10

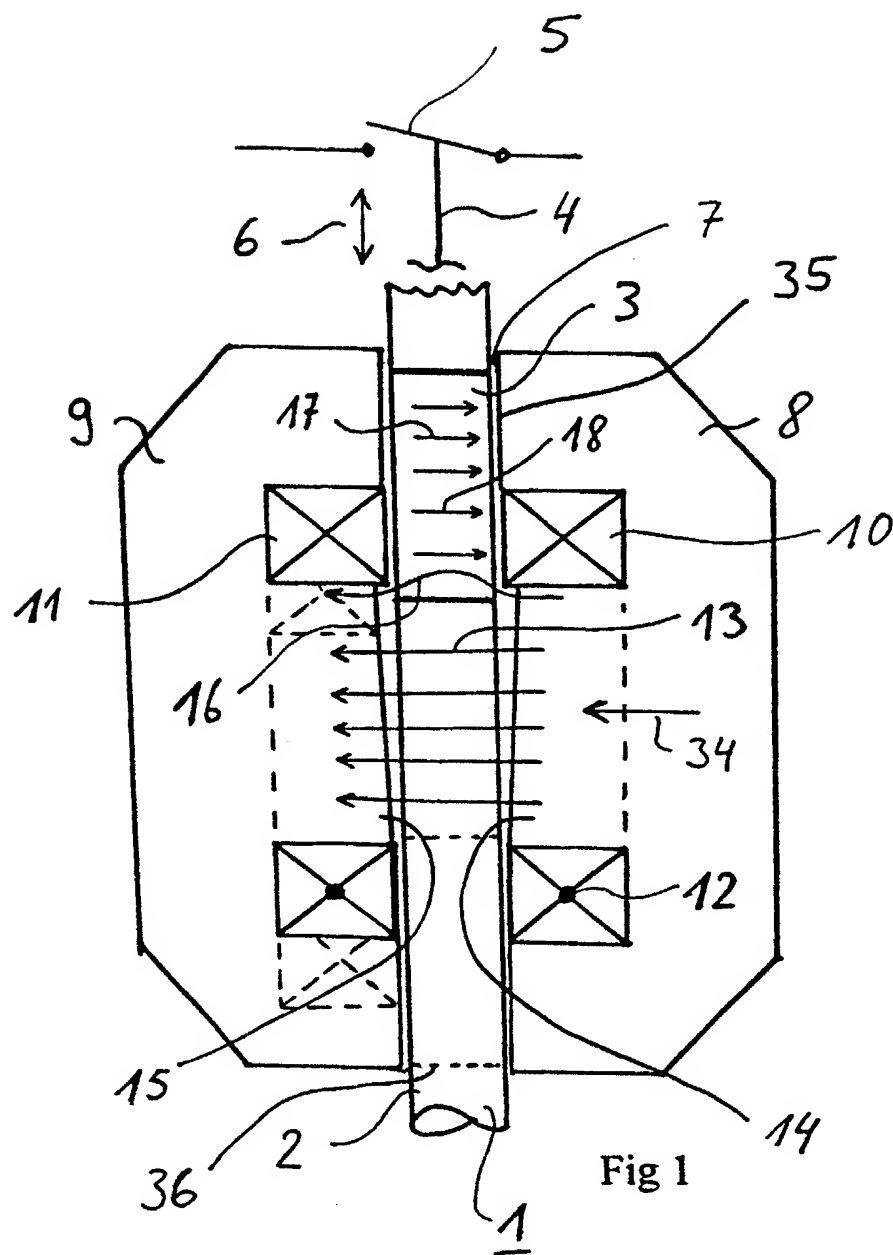
10. Verfahren nach Anspruch 8,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß
der Stromfluß zu einem Ladekondensator (19) umgeleitet wird,
sobald die Speisespannung aufgrund eines elektrischen Schwin-
15 gungsvorgangs ihr Vorzeichen umkehrt.

11. Verfahren zum Betrieb eines magnetischen Linearantriebes
nach Anspruch 1,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß
20 zuerst ein Strom in der Spule (10,11) erzeugt wird, dessen
resultierender magnetischer Fluss in der Spule (10,11)
antiparallel zu einer Magnetisierung des magnetisch aktiven
Teils (3) gerichtet ist, sofern dieses magnetisiert ist, und
dass, nachdem das magnetisch aktive Teil (3) auf seiner
25 Bewegungsbahn den Ort der größten Magnetfeldstärke der Spule
(10,11) erreicht hat, die Stromrichtung durch die Spule
(10,11) umgekehrt wird.

30



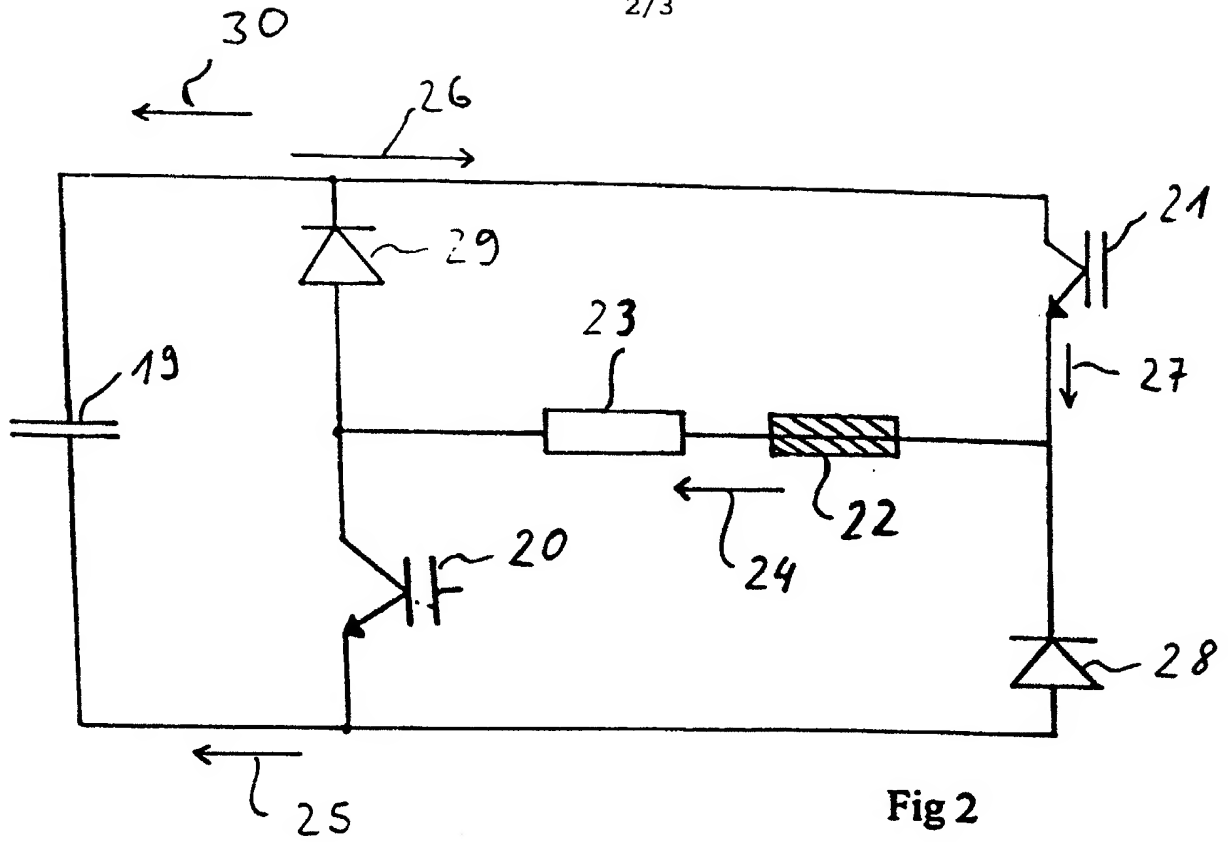


Fig 2

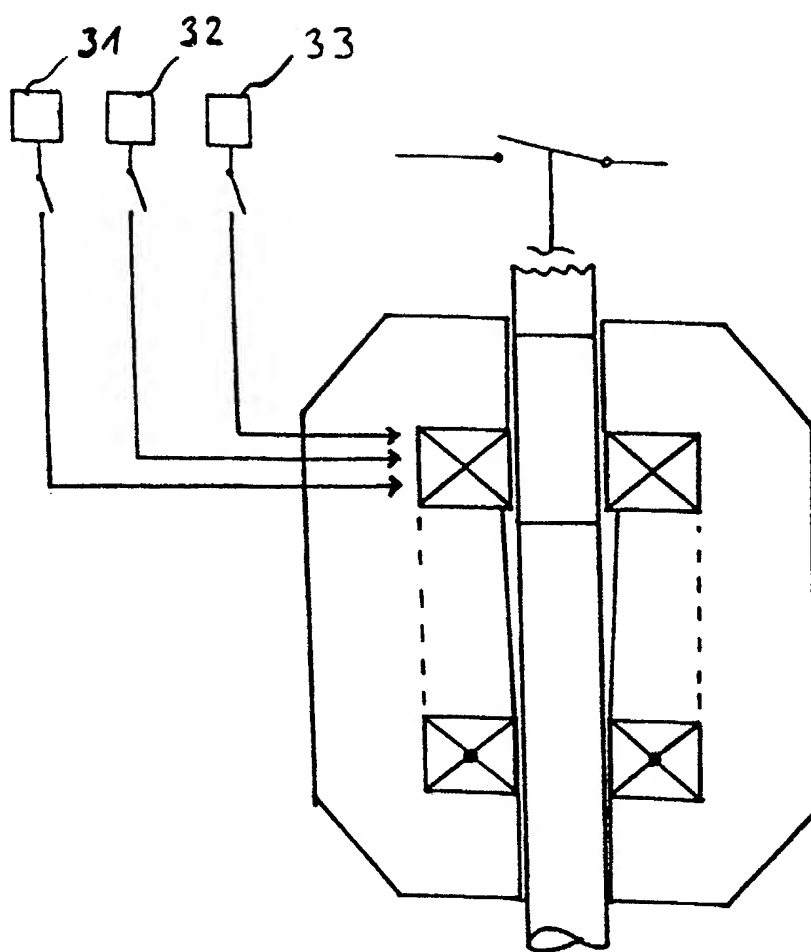


Fig 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/DE 00/01981

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 H02K41/02 H01F7/16 H01H3/28 H01H33/66

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 H02K H01F H01H

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 74 32 801 U (SIEMENS) 27 March 1975 (1975-03-27)	1
Y	the whole document	2,10
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 018, no. 682 (M-1729), 22 December 1994 (1994-12-22) & JP 06 270673 A (KASAI KOGYO CO LTD; OTHERS: 01), 27 September 1994 (1994-09-27) abstract	1-3,5
X	GB 829 782 A (SOCIÉTÉ ANONYME DES USINES CHAUSSEON) 9 March 1960 (1960-03-09) page 2, line 10 - line 86; figure 3	1-3,5
	-/-	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

9 October 2000

Date of mailing of the international search report

16/10/2000

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Ramírez Fueyo, M

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/DE 00/01981

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 7432801	U		NONE	
JP 06270673	A	27-09-1994	NONE	
GB 829782	A		NONE	
EP 0127692	A	12-12-1984	CA 1200831 A DE 3376912 D JP 60037107 A US 4527139 A	18-02-1986 07-07-1988 26-02-1985 02-07-1985
NL 1006087	C	23-11-1998	NONE	
US 5394131	A	28-02-1995	DE 3942542 A AT 109300 T DE 4120149 A DE 19806720 A DE 59006647 D WO 9110242 A EP 0506799 A JP 5504445 T RU 2083013 C	27-06-1991 15-08-1994 24-12-1992 13-08-1998 01-09-1994 11-07-1991 07-10-1992 08-07-1993 27-06-1997

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 00/01981

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 H02K41/02 H01F7/16 H01H3/28 H01H33/66

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 H02K H01F H01H

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EP0-Internal, PAJ

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 74 32 801 U (SIEMENS) 27. März 1975 (1975-03-27)	1
Y	das ganze Dokument	2, 10
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 018, no. 682 (M-1729), 22. Dezember 1994 (1994-12-22) & JP 06 270673 A (KASAI KOGYO CO LTD; OTHERS: 01), 27. September 1994 (1994-09-27) Zusammenfassung	1-3, 5
X	GB 829 782 A (SOCIÉTÉ ANONYME DES USINES CHAUSSEON) 9. März 1960 (1960-03-09) Seite 2, Zeile 10 - Zeile 86; Abbildung 3	1-3, 5
	--- -/-	

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"Z" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

9. Oktober 2000

Abmeldedatum des internationalen Recherchenberichts

16/10/2000

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Ramírez Fueyo, M

INTERNATIONALE RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 00/01981

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 7432801 U		KEINE	
JP 06270673 A	27-09-1994	KEINE	
GB 829782 A		KEINE	
EP 0127692 A	12-12-1984	CA 1200831 A DE 3376912 D JP 60037107 A US 4527139 A	18-02-1986 07-07-1988 26-02-1985 02-07-1985
NL 1006087 C	23-11-1998	KEINE	
US 5394131 A	28-02-1995	DE 3942542 A AT 109300 T DE 4120149 A DE 19806720 A DE 59006647 D WO 9110242 A EP 0506799 A JP 5504445 T RU 2083013 C	27-06-1991 15-08-1994 24-12-1992 13-08-1998 01-09-1994 11-07-1991 07-10-1992 08-07-1993 27-06-1997

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
28. Dezember 2000 (28.12.2000)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 00/79672 A1

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: **H02K 41/02**,
H01F 7/16, H01H 3/28, 33/66

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von
US): **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT** [DE/DE];
Wittelsbacherplatz 2, D-80333 München (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE00/01981

(72) Erfinder; und

(22) Internationales Anmeldedatum:
20. Juni 2000 (20.06.2000)

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **MASCHER, Karl**
[DE/DE]; Am Dachsbau 102A, D-13503 Berlin (DE).
SCHULER, Klaus [DE/DE]; Pfefferweg 1, D-13589
Berlin (DE). **ARNDT, Andreas** [DE/DE]; Lindenallee 12,
D-31191 Algermissen (DE). **WISKEN, Holger, Gerhard**
[DE/DE]; Carl-Pateus-Strasse 4, D-29378 Wittingen (DE).
CANDERS, Wolf, Rüdiger [DE/DE]; Fuchshaller Weg
38, D-37520 Osterode/Harz (DE). **MAY, Hardo** [DE/DE];
Sprottau Strasse 14, D-38124 Braunschweig (DE). **WEH,**
Herbert [DE/DE]; Wöhlerstrasse 20, D-38116 Braun-
schweig (DE).

(25) Einreichungssprache: Deutsch

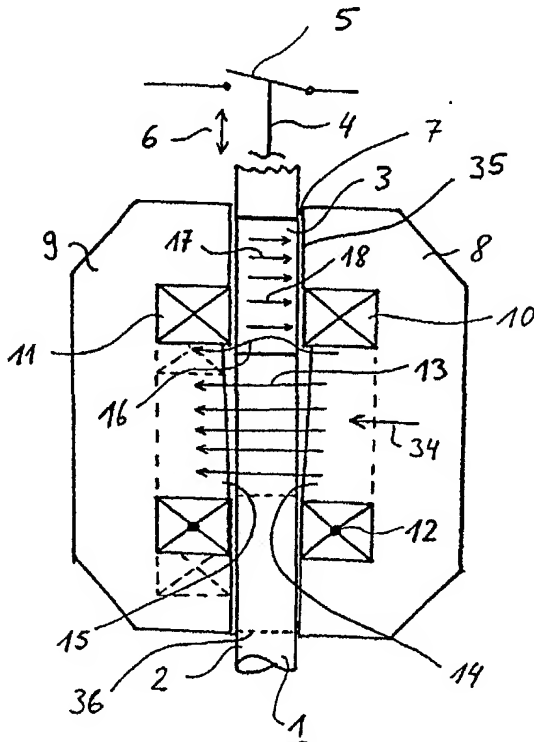
(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
199 29 572.7 22. Juni 1999 (22.06.1999) DE

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: MAGNETIC LINEAR DRIVE

(54) Bezeichnung: MAGNETISCHER LINEARANTRIEB



(57) Abstract: In a magnetic linear drive, a coil (10, 11) is provided, inside which a magnetic flow (13) can be produced by a current in axial direction (34). Said drive comprises an armature (1) that can only move perpendicular in relation to the axial direction (34) and that includes a magnetically active part (3) that is magnetized in a particularly antiparallel manner in relation to the axial direction (34). The armature is driven by a current impulse that accelerates said armature in the direction of the center of the coil independently of the starting position of the magnetically active part (3).

(57) Zusammenfassung: Bei einem magnetischen Linearantrieb ist eine Spule (10, 11) vorgesehen, in deren Innerem durch einen Strom in einer Axialrichtung (34) ein magnetischer Fluß (13) erzeugbar ist mit einem Anker (1), der ausschließlich senkrecht zu der Axialrichtung (34) beweglich ist und der einen magnetisch aktiven Teil (3) aufweist, der insbesondere antiparallel zu der Axialrichtung (34) magnetisiert ist. Der Anker wird durch einen Stromstoß angetrieben, der unabhängig von der Startposition des magnetisch aktiven Teils (3) diesen zur Spulenmitte hin beschleunigt.

WO 00/79672 A1

Beschreibung

Magnetischer Linearantrieb

- 5 Die Erfindung bezieht sich auf einen magnetischen Linearantrieb, insbesondere für einen elektrischen Schalter, mit einer mit einem Strom beaufschlagbaren Spule, in deren Innerem durch den Strom in einer Axialrichtung ein magnetischer Fluß erzeugbar ist, mit einem Anker, der
- 10 ausschließlich senkrecht zu der Axialrichtung beweglich ist und der einen magnetisch aktiven Teil aufweist, dessen Bewegungsbahn durch einen Luftspalt innerhalb einer die Spule durchsetzenden Kernes hindurch oder an einer Stirnseite des Kernes vorbeiführt, wobei der magnetisch aktive Teil
- 15 unmagnetisiert ist oder derart magnetisiert ist, daß der magnetische Fluß innerhalb des magnetisch aktiven Teils parallel oder antiparallel zu der Axialrichtung verläuft.

- Aus der US-Patentschrift 4,817,494 ist ein magnetischer
- 20 Linearantrieb zum Beschleunigen eines Projektils bekannt.

- Aus der US-Patentschrift 5,719,451 ist ebenfalls ein magnetischer Linearantrieb bekannt, dort beispielsweise zur Anwendung in Flüssigkeitspumpen. Den dort dargestellten Linear-
- 25 antrieben ist gemeinsam, dass eine Magnetspule einen Anker in Axialrichtung der Spule beschleunigt.

- Ein derartiger magnetischer Linearantrieb ist beispielsweise auch aus der GB 10 68 610 bekannt. Bei dem dort beschriebenen
- 30 Antrieb handelt es sich um einen Antrieb für ein Ventil, bei dem mittels der Bewegung eines Ankers ein Flüssigkeitskanal abgesperrt oder geöffnet wird.

Der Anker weist dort einen Permanentmagneten auf, dessen magnetischer Fluß in seinem Inneren in der Bewegungsrichtung des Ankers und senkrecht zu der Axialrichtung ausgerichtet ist.

5

In seinen Endstellungen fährt der Anker jeweils gegen mechanische Anschläge derart, daß jeweils ein Pol des Dauermagneten mit dem Anschlag in Berührung kommt und daß durch die magnetische Wirkung des Dauermagneten dieser an dem Anschlag gehalten wird.

10

Wird die Spule mit einem Strom beaufschlagt, so muß die magnetische Wirkung des Stroms zunächst die Haltekraft des Permanentmagneten am Anschlag überwinden. Dies äußert sich in einer Verzögerung der Ankerbeschleunigung. Außerdem wird der Anker bei seiner Bewegung zu einer Endstellung hin erst unmittelbar vor Erreichen des Anschlages zum Anschlag gezogen, da der zwischen dem Pol des Permanentmagneten und der Anschlagsfläche befindliche Luftspalt erst zum Ende der Bewegung hin genügend verkleinert ist.

15

20

Demgegenüber liegt der vorliegenden Erfindung die Aufgabe zugrunde, einen magnetischen Linearantrieb der eingangs genannten Art zu schaffen, der eine unverzögerte Beschleunigung des Ankers bei geringem konstruktivem Aufwand und geringem Steuerungsaufwand erreicht.

25

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß der magnetisch aktive Teil in zwei Endpositionen dauerhaft positionierbar und durch Einwirkung eines Stromes von einer ersten Endposition in eine zweite Endposition überführbar ist.

30

Wird die Spule mit einem Strom beaufschlagt, so wird in ihrem Inneren in der Axialrichtung ein magnetischer Fluß erzeugt, der innerhalb des Kerns verläuft und im Bereich des Luftspaltes aus dem Kern austritt. Ein magnetisch aktiver Teil eines Ankers, der beispielsweise ferromagnetisch unmagnetisiert oder magnetisiert, insbesondere dauermagnetisiert in einer Richtung antiparallel zu der Richtung des magnetischen Flusses der Spule ist, wird zum Spuleninneren hin beschleunigt. Ein Magnet, dessen innerer magnetischer Fluß parallel zum Fluß der Spule ausgerichtet ist, wird aus dem Inneren der Spule heraus abgestoßen. Dieser Effekt wird zum Antrieb des Ankers ausgenutzt.

Insbesondere dann, wenn der magnetisch aktive Teil ferromagnetisch oder als Dauermagnet in antiparalleler Richtung zu der Axialrichtung magnetisiert ist, kann der magnetische Linearantrieb vorteilhaft als Schalterantrieb für einen elektrischen Schalter, beispielsweise einen Hochspannungsleistungsschalter oder einen Vakuumschalter, verwendet werden.

Befindet sich der Anker in einer Endposition seiner Bewegungsbahn derart, daß beim Einschalten des Spulenstromes der magnetische Fluß der Spule zu einem geringen Anteil durch den magnetisch aktiven Teil hindurchtritt, so führt dies dazu, daß der Anker zur Spulenmitte hin beschleunigt wird, bis ein maximaler Teil des magnetischen Flusses der Spule durch den magnetisch aktiven Teil hindurchtritt. Während der Bewegung des Ankers wird der Stromfluß durch die Spule mittels einer Steuereinrichtung unterbrochen, so daß der Anker aufgrund seiner dynamischen Energie und der dynamischen Energie der angetriebenen Massen sich über die Spule hinaus weiter bewegt, ohne daß der magnetische Fluß der Spule durch die Ein-

wirkung auf den magnetisch aktiven Teil den Anker abbrem-
sen kann.

Auf diese Weise ist eine optimale Beschleunigung des Ankers
5 zu Beginn der Bewegung gewährleistet.

Ein gewünschtes Beschleunigungsprofil des Ankers kann bei-
spielsweise dadurch erreicht werden, daß der Luftspalt zwi-
schen dem Kern und der Bewegungsbahn des magnetisch aktiven
10 Teils entlang der Bewegungsbahn unterschiedlich breit ausge-
bildet wird. Je geringer der Luftspalt in einem bestimmten
Bereich entlang der Bewegungsbahn ist, desto größer ist die
Kraftwirkung auf den Anker in diesem Bereich.

15 Mit dem Anker ist beispielsweise eine Antriebsstange eines
elektrischen Schalters verbunden, die ihrerseits einen
Schaltkontakt einer Unterbrechereinheit antreibt.

Mechanische Anschläge können im Bereich der Schaltstange oder
20 im Bereich des Linearantriebs selbst realisiert sein.

Eine vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, daß
der magnetisch aktive Teil magnetisiert ist und daß in wenig-
stens einer Endposition des magnetisch aktiven Teils dieser
25 wenigstens teilweise derart im Bereich eines außerhalb der
Spule angeordneten Jochkörpers angeordnet ist, daß der aus
dem magnetisch aktiven Teil aus- oder in diesen eintretende
magnetische Fluß wenigstens zum Teil unmittelbar durch eine
dem magnetisch aktiven Teil zugewandte Begrenzungsfläche des
30 Jochkörpers hindurchtritt.

Die Begrenzungsfläche ist vorteilhaft im wesentlichen senk-
recht zu der Axialrichtung ausgerichtet.

Für den Fall, daß der magnetisch aktive Teil magnetisiert, beispielsweise als Elektromagnet, oder dauermagnetisiert ist, hat der magnetische Fluß des magnetisch aktiven Teils die
5 Tendenz, einen Luftspalt zu einem benachbart angeordneten Jochkörper möglichst zu verringern.

Im Endbereich der Bewegungsbahn des Ankers ist wenigstens ein Jochkörper angeordnet, in den der magnetische Fluß des magnetisch aktiven Teils wenigstens auf einem Teil der Länge des
10 magnetisch aktiven Teils eintreten kann.

Auf den Anker findet somit eine Kraftwirkung statt, die bestrebt ist, eine möglichst große Überlappung zwischen dem magnetisch aktiven Teil und dem Jochkörper zu erzeugen derart,
15 daß möglichst der gesamte magnetische Fluß des magnetisch aktiven Teils in den Jochkörper durch eine möglichst senkrecht zu der Axialrichtung angeordnete Begrenzungsfläche eintreten kann. Die Kraftwirkung in Richtung der Bewegungsbahn des Ankers ist im wesentlichen unabhängig davon, wie weit der magnetisch aktive Teil und der Jochkörper überlappen.
20

Hierdurch ist eine von der Stellung des Ankers im Endbereich der Bewegung im wesentlichen unabhängige Haltekraft realisiert, die den Anker in einer seiner Endpositionen hält.
25

Eine derartige Anordnung kann vorteilhaft für beide Endpositionen des magnetisch aktiven Teils bzw. des Ankers realisiert sein.

30

Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, daß der Spule bezüglich der Bewegungsbahn des magnetisch aktiven Teils eine zweite Spule gegenüberliegt, die mit einem

Strom in demselben Richtungssinn wie die erste Spule beaufschlagbar ist.

5 Durch zwei in der dargestellten Weise kombinierte Spulen ist ein entsprechend größerer magnetischer Fluß erzeugbar, was zu einer größeren potentiellen Beschleunigung des Ankers führt.

10 Außerdem kann vorgesehen sein, daß die erste und die zweite Spule in Bewegungsrichtung des Ankers gegeneinander versetzt sind.

15 Durch einen derartigen Versatz der Spulen in Bewegungsrichtung des Ankers gegeneinander kann ein bestimmtes Beschleunigungsprofil entlang der Bewegungsbahn erreicht werden.

Es kann auch vorgesehen sein, daß jede der Spulen für jeweils eine der Bewegungsrichtungen des Ankers genutzt wird.

20 Außerdem kann vorteilhaft vorgesehen sein, daß zwei Jochkörper vorgesehen sind, die einander bezüglich der Bewegungsbahn des magnetisch aktiven Teils gegenüberliegen und die zwischen sich Luftspalte bilden, die wenigstens teilweise von der Bewegungsbahn des magnetisch aktiven Teils durchsetzt sind.

25 Durch einen weiteren Jochkörper, der dem ersten Jochkörper bezüglich der Bewegungsbahn des magnetisch aktiven Teils gegenüberliegt, wird der magnetische Kreis sowohl für den Fluß durch die Spule als auch für den Fluß des magnetisch aktiven Teils in jeder der Endpositionen geschlossen, so daß jeweils
30 eine große Kraftwirkung sowohl für die Beschleunigung als auch für die Haltekraft in den Endpositionen erreicht wird.

Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, in der Steuerungseinrichtung mehrere aufladbare und fallweise gemeinsam oder alternativ mit der Spule verbindbare Ladekondensatoren vorgesehen sind.

5

Die verschiedenen Ladekondensatoren können für unterschiedliche Schaltfälle (beispielsweise unterschiedliche Belastungsfälle eines anzutreibenden Leistungsschalters) oder unterschiedlich für eine Ein- und Ausschaltung genutzt werden.

10

Die Erfindung bezieht sich außerdem auf ein Verfahren zum Betrieb eines magnetischen Linearantriebs, bei dem vorgesehen ist, daß die Spule zum Antrieb des Ankers in verschiedene Richtungen jeweils mit einem Strom gleicher Richtung beaufschlagt wird.

15

Gleich in welcher Endposition sich der Anker bzw. der magnetisch aktive Teil befindet, wird er bei Erzeugung eines magnetischen Flusses im Inneren der Spule zum Spuleninneren hin beschleunigt. Wird der Strom durch die Spule rechtzeitig unterbrochen, so bewegt sich der Anker bis zu der jeweils anderen Endposition. Dies vereinfacht die Ansteuerung der Spule beträchtlich.

20

Das erfindungsgemäße Verfahren kann vorteilhaft dadurch ausgestaltet werden, daß die Beaufschlagung mit einem Strom beendet wird, bevor das magnetisch aktive Teil seine Endposition erreicht hat.

30

Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung sieht vor, daß der Stromfluß durch die Spule unterbrochen wird, sobald aufgrund eines elektrischen Schwingungsvorgangs die Speisespannung ihr Vorzeichen umkehrt.

Da die Spule eine elektrische Induktivität sowie einen ohmschen Widerstand darstellt und im Normalfall durch eine Kapazität gespeist wird, ergibt sich ein elektrischer Schwingkreis in der Ansteuerung des Linearantriebs. Dies führt zur Entstehung einer elektrischen Schwingung, so daß die an der Spule anliegende Speisespannung irgendwann ihr Vorzeichen umkehrt.

10 Dies würde eine Umkehrung des magnetischen Flusses bedeuten, was eine Umkehrung der magnetischen Kraftwirkung auf den magnetisch aktiven Teil bedeuten würde, die ungewollt ist. Daher wird vorteilhaft die Speisespannung überwacht und der Stromfluß durch die Spule unterbrochen, sobald die Speisespannung ihr Vorzeichen umkehrt.

Es kann auch vorteilhaft vorgesehen sein, daß der Stromfluß zu einem Ladekondensator umgeleitet wird, sobald die Speisespannung aufgrund eines elektrischen Schwingungsvorgangs ihr Vorzeichen umkehrt.

Im folgenden wird die Erfindung anhand eines Ausführungsbeispiels in einer Zeichnung gezeigt und anschließend beschrieben.

25

Dabei zeigt

Figur 1 schematisch im Querschnitt den magnetischen Linearantrieb,

Figur 2 eine Ansteuerungsschaltung für die Spule des Linearantriebs und

30

Figur 3 schematisch die Energieversorgung für den Linearantrieb.

In der Figur 1 ist ein magnetischer Linearantrieb dargestellt, mit einem Anker 1, der aus einem Stab 2 aus glasfaserverstärktem Kunststoff und einem magnetisch aktiven Teil 3 aus einem dauermagnetischem Werkstoff besteht und an den an einem Ende eine Schaltstange 4 angekoppelt ist, die nur schematisch dargestellt und mit einem antreibbaren Schaltkontakt 5 der Unterbrechereinheit eines Hochspannungsleistungsschalters verbunden ist. Der Linearantrieb erzeugt Bewegungen in Richtung des Doppelpfeiles 6.

10

Der Anker 1 bewegt sich in dem Luftspalt 7 zwischen einem ersten Jochkörper 8 und einem zweiten Jochkörper 9, die einander bezüglich der Bewegungsbahn des Ankers 1 spiegelbildlich gegenüberliegen.

15

Jeder der Jochkörper weist eine ringförmige Ausnehmung auf, in die jeweils eine Spule 10, 11 eingebracht ist. Die Spulen 10, 11 sind jeweils mit elektrischen Anschlüssen versehen und mittels einer Steuereinrichtung mit einem Strom beaufschlagbar.

20

Wird wenigstens eine der Spulen 10, 11 mit einem Strom beaufschlagt, so ist beispielsweise die Stromrichtung derart, daß im oberen Teil der Spule 10 der Strom in die Zeichenebene hineinläuft und im unteren Teil der Spule der Strom aus der Zeichenebene austritt wie durch den Punkt 12 veranschaulicht wird.

25

Hierdurch wird ein magnetischer Fluß in der Axialrichtung erzeugt, der durch die Pfeile 13 dargestellt ist und der durch einen ersten Kern 14 des ersten Jochkörpers 8 innerhalb der Spule 10 und durch einen zweiten Kern 15 des zweiten Jochkörpers 9 innerhalb der Spule 11 hindurchtritt.

30

In der dargestellten Endposition des Ankers, in der dieser in nicht dargestellter Weise an einem mechanischen Anschlag ruht, tritt bereits ein Teil 16 des magnetischen Flusses 13
5 der Spulen 10, 11 durch einen Randbereich des magnetisch aktiven Teils 3 des Ankers hindurch.

Der übrige Teil des magnetischen Flusses 13 der Spulen 10, 11 muß den breiten Luftspalt zwischen den Kernen 14, 15 überwin-
10 den, der durch den GFK-Körper des Ankers 1 nicht überbrückt wird.

Demgemäß hat der magnetische Fluß die Tendenz, den magnetisch aktiven Teil 3 in der Darstellung nach unten zu beschleunigen, so daß der magnetische Fluß 13 der Spulen 10, 11 auf
15 einer möglichst großen Länge des magnetisch aktiven Teils 3 durch diesen hindurchtritt und antiparallel zu dem im Inneren des magnetisch aktiven Teils 3 herrschenden magnetischen Fluß 17 verläuft.

20

Wenn der magnetisch aktive Teil 3 etwa in der Mitte der Spulen 10, 11 angekommen ist, wird der Stromfluß durch die Spulen 10, 11 unterbrochen, um ein Abbremsen des magnetischen Teils beim Austritt aus dem Fluß 13 der Spulen 10, 11 zu ver-
25 hindern.

Der Anker bewegt sich aufgrund der dynamischen Energie weiter, bis daß eine zweite, gestrichelt dargestellte Endposition 36 des magnetisch aktiven Teils 3 erreicht ist.

30

In dem Bewegungsbereich vor Erreichen der Endposition hat der magnetische Fluß 17 innerhalb des magnetisch aktiven Teils 3 das Bestreben, über einen möglichst geringen Luftspalt in

11

einen der Jochkörper 8, 9 ein und aus diesem wieder auszutreten.

Die auf den Anker in seinen Endpositionen wirkenden Haltekräfte werden anhand der in der Figur 1 dargestellten oberen Endposition beschrieben.

Wenn der Stromfluß durch die Spulen 10, 11 unterbrochen ist, entfällt der magnetische Fluß 13.

10

Ein Teil des magnetischen Flusses 17 im Inneren des magnetisch aktiven Teils 3 kann unmittelbar in den Jochkörper 8 durch die Begrenzungsfläche 35 eintreten, wobei der Fluß über den zweiten Jochkörper 9 unter Zwischenschaltung der unvermeidbaren Luftspalte geschlossen wird, so daß von dort der magnetische Fluß wieder in den magnetisch aktiven Teil 3 eintreten kann.

Die Teile 18 des magnetischen Flusses in dem magnetisch aktiven Teil 3, die in Höhe einer Spulenwicklung 10, 11 liegen, müssen einen breiten Luftspalt überwinden, um in einen Jochkörper 8 einzutreten. Daher besteht in der dargestellten Konstellation das Bestreben, den magnetisch aktiven Teil 3 weiter nach oben zu bewegen, um eine möglichst große Überlappung der Länge des magnetisch aktiven Teils 3 mit dem Teil des Jochkörpers 8 oberhalb der Spule 10 zu erreichen.

Die magnetische Kraftwirkung auf den Anker 1 ist hierbei weitgehend unabhängig davon, wie weit der magnetisch aktive Teil 3 mit dem Teil des Jochkörpers 8 oberhalb der Spule 10 bereits überlappt. Daher ist die Haltekraft auf den Anker in der Endposition weitgehend unabhängig von mechanischen Toleranzen.

Entsprechendes gilt für die andere, gestrichelt dargestellte Endposition des Ankers.

5 In der Figur 1 ist außerdem dargestellt, daß beide Jochkörper
8, 9 im Bereich der Kerne 14, 15 entlang der Bewegungsbahn
des magnetisch aktiven Teils derart profiliert sind, daß der
Luftspalt zwischen dem Anker 3 und den Jochkörpern 8, 9 nach
10 oben hin breiter wird. Dies bedeutet, daß die Kraftwirkung
auf den magnetisch aktiven Teil 3 während dessen Bewegungen
nach oben abnimmt. Auf diese Weise kann beim Ausschalten der
Unterbrechereinheit zum Anfang der Bewegung eine hohe Be-
schleunigung und zu deren Ende hin eine schwächer werdende
15 Beschleunigung erreicht werden. Außerdem ist denkbar, daß
beispielsweise die zweite Spule 11 gegenüber der ersten Spule
10 nach unten entlang der Bewegungsbahn des Ankers 1 versetzt
ist, so daß bei einem Ausschaltvorgang, d. h. einer Bewegung
des Ankers 1 von unten nach oben, zunächst die zweite Spule
11 die Hauptlast der Beschleunigung tragen würde und später
20 die erste Spule 10.

Auch hierdurch läßt sich eine bestimmt Profilierung der Be-
schleunigung erreichen.

25 In der Figur 2 ist eine Ansteuerschaltung gezeigt, mit einem
Ladekondensator 19, der über einen ersten IGBT (insulated-
gate bipolar Transistor) 20 und einen zweiten IGBT 21 mit der
Spule 22 innerhalb des magnetischen Linearantriebs verbindbar
ist. Mit 23 ist der ohmsche Widerstand der Spule 22 und ihrer
30 Zuleitungen symbolisch bezeichnet.

Werden die IGBT's 20, 21 durchgeschaltet, so fließt ein Strom
durch die Spule 22 in Richtung des mit 24 bezeichneten Pfei-

les. Dieser fließt durch den ersten IGBT 20 und weiter entlang der Pfeile 25, 26, 27.

Entlädt sich der Kondensator 19, so sinkt die Spannung an der Spule 22 und es wird dort eine Gegenspannung induziert, die bestrebt ist, die Stromstärke des Stromes 24 aufrecht zu erhalten. Die Gegenspannung an der Spule 22 ist der Speisespannung entgegengesetzt, so daß sich ein Spannungsulldurchgang ergibt. Zu diesem Zeitpunkt werden die IGBT's 21, 22 ausgeschaltet, d. h. sie sperren den Strom.

Der durch die Spannung innerhalb der Spule 22 induzierte Strom fließt über die Dioden 28, 29 in Richtung des Pfeiles 30 zu dem Kondensator 19 zurück und lädt diesen teilweise wieder auf. Dadurch wird Energie beim Betrieb des Linearantriebs gespart, was insbesondere dann von Bedeutung ist, wenn ein mit diesem angetriebener Hochspannungsschalter im Notbetrieb mittels Batterien betrieben werden muß.

Die Figur 3 zeigt schematisch die Energieversorgung eines Linearantriebs über drei unterschiedliche Ansteuerungseinheiten 31, 32, 33, von denen jede einen eigenen Ladekondensator aufweist, wobei die Ladekondensatoren unterschiedliche Kapazitäten haben können. Hierdurch wird für unterschiedliche Schaltfälle jeweils eine unterschiedliche Energiemenge in Form von in den Ladekondensatoren gespeicherter elektrischer Feldenergie zur Verfügung gestellt.

Die unterschiedlichen Ansteuerungen 31, 32, 33 können auch für schnell aufeinander folgende Aus-Ein-Aus-Schaltungen genutzt werden

Patentansprüche

1. Magnetischer Linearantrieb, insbesondere für einen elek-
trischen Schalter, mit einer mit einem Strom beaufschlagbaren
5 Spule (10,11), in deren Innerem durch den Strom in einer
Axialrichtung (34) ein magnetischer Fluß (13) erzeugbar ist,
mit einem Anker (1), der ausschließlich senkrecht zu der
Axialrichtung (34) beweglich ist und der einen magnetisch ak-
tiven Teil (3) aufweist, dessen Bewegungsbahn durch einen
10 Luftspalt (7) innerhalb eines die Spule (10,11) durchsetzen-
den Kernes (14,15) hindurch oder an einer Stirnseite des Ker-
nes (14,15) vorbeiführt, wobei der magnetisch aktive Teil (3)
unmagnetisiert ist oder derart magnetisiert ist, daß der ma-
gnetische Fluß (17) innerhalb des magnetisch aktiven Teils
15 (3) parallel oder antiparallel zu der Axialrichtung (34) ver-
läuft,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass
der magnetisch aktive Teil in zwei Endpositionen dauerhaft
positionierbar und durch Einwirkung eines Stromes von einer
20 ersten Endposition in eine zweite Endposition überführbar
ist.

2. Magnetischer Linearantrieb nach Anspruch 1,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass
25 der magnetisch aktive Teil (3) magnetisiert ist und daß in
wenigstens einer Endposition des magnetisch aktiven Teils (3)
dieser wenigstens teilweise derart im Bereich eines außerhalb
der Spule angeordneten Jochkörpers (8,9) angeordnet ist, daß
der aus dem magnetisch aktiven Teil (3) aus- oder in diesen
30 eintretende magnetische Fluß (17) wenigstens zum Teil unmit-
telbar durch eine dem magnetisch aktiven Teil zugewandte Be-
grenzungsfläche (35) des Jochkörpers hindurchtritt.

3. Magnetischer Linearantrieb nach einem der Ansprüche 1 oder 2,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass
der Spule (10) bezüglich der Bewegungsbahn des magnetisch ak-
5 tiven Teils (3) eine zweite Spule (11) gegenüberliegt, die
mit der ersten Spule (10) mit einem Strom in demselben Rich-
tungssinn wie die erste Spule (10) beaufschlagbar ist.

4. Magnetischer Linearantrieb nach Anspruch 1, 2 oder 3,

10 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass
die erste und die zweite Spule (10,11) in Bewegungsrichtung
des Ankers (1) gegeneinander versetzt sind.

5. Magnetischer Linearantrieb nach einem der Ansprüche 1 bis
15 4,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass
zwei Jochkörper (8,9) vorgesehen sind, die einander bezüglich
der Bewegungsbahn des magnetisch aktiven Teils (3) gegenüber-
liegen und die zwischen sich Luftspalte (7) bilden, die we-
20 nigstens teilweise von der Bewegungsbahn des magnetisch akti-
ven Teils (3) durchsetzt sind.

6. Magnetischer Linearantrieb nach einem der Ansprüche 1 bis
5 mit einer Steuerungseinrichtung ,

25 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass
in der Steuerungseinrichtung (31,32,33) mehrere aufladbare
und fallweise gemeinsam oder alternativ mit einer Spule ver-
bindbare Ladekondensatoren (19) vorgesehen sind.

30 7. Verfahren zum Betrieb eines magnetischen Linearantriebs
nach Anspruch 1,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass
die Spule (10,11) zum Antrieb des Ankers (1) in verschiedene

Richtungen jeweils mit einem Strom gleicher Richtung beaufschlagt wird.

8. Verfahren nach Anspruch 7,

- 5 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass
die Beaufschlagung mit einem Strom beendet wird, bevor das magnetisch aktive Teil (3) seine Endposition erreicht hat.

9. Verfahren nach Anspruch 8,

- 10 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass
der Stromfluß durch die Spule (10,11) unterbrochen wird, sobald aufgrund eines elektrischen Schwingungsvorgangs die Speisespannung ihr Vorzeichen umkehrt.

15 10. Verfahren nach Anspruch 8,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass
der Stromfluß zu einem Ladekondensator (19) umgeleitet wird, sobald die Speisespannung aufgrund eines elektrischen Schwingungsvorgangs ihr Vorzeichen umkehrt.

20

11. Verfahren zum Betrieb eines magnetischen Linearantriebes nach Anspruch 1,

- d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass
zuerst ein Strom in der Spule (10,11) erzeugt wird, dessen
25 resultierender magnetischer Fluss in der Spule (10,11)
antiparallel zu einer Magnetisierung des magnetisch aktiven Teils (3) gerichtet ist, sofern dieses magnetisiert ist, und dass, nachdem das magnetisch aktive Teil (3) auf seiner Bewegungsbahn den Ort der größten Magnetfeldstärke der Spule
30 (10,11) erreicht hat, die Stromrichtung durch die Spule
(10,11) umgekehrt wird.

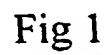
Zusammenfassung

Magnetischer Linearantrieb

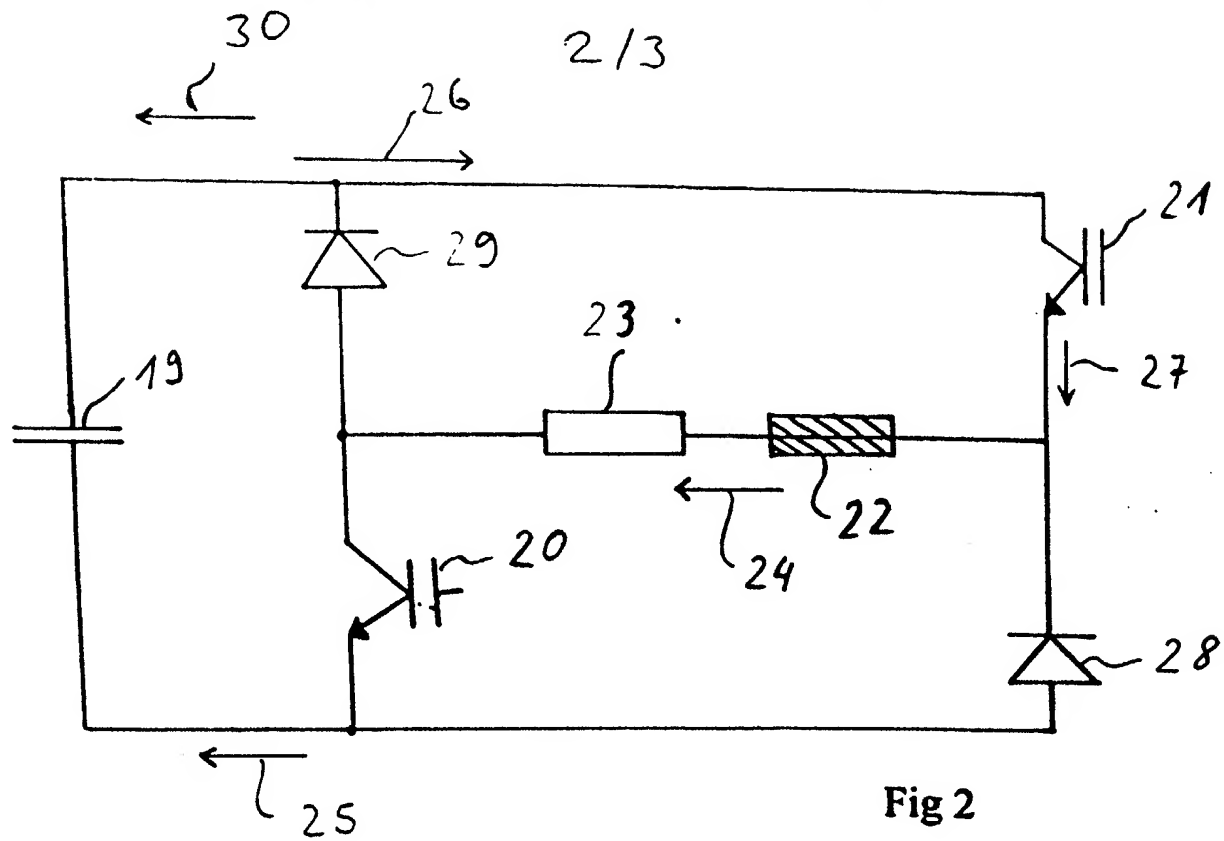
- 5 Bei einem magnetischen Linearantrieb ist eine Spule (10,11) vorgesehen, in deren Innerem einen Strom in einer Axialrichtung (34) ein magnetischer Fluß (13) erzeugbar ist mit einem Anker (1), der ausschließlich senkrecht zu der Axialrichtung (34) beweglich ist und der einen magnetisch aktiven Teil (3)
- 10 aufweist, der insbesondere antiparallel zu der Axialrichtung (34) magnetisiert ist. Der Anker wird durch einen Stromstoß angetrieben, der unabhängig von der Startposition des magnetisch aktiven Teils (3) diesen zur Spulenmitte hin beschleunigt.

15

FIG 1



99 P 85 36



99 P 8 5 3 6

3/3

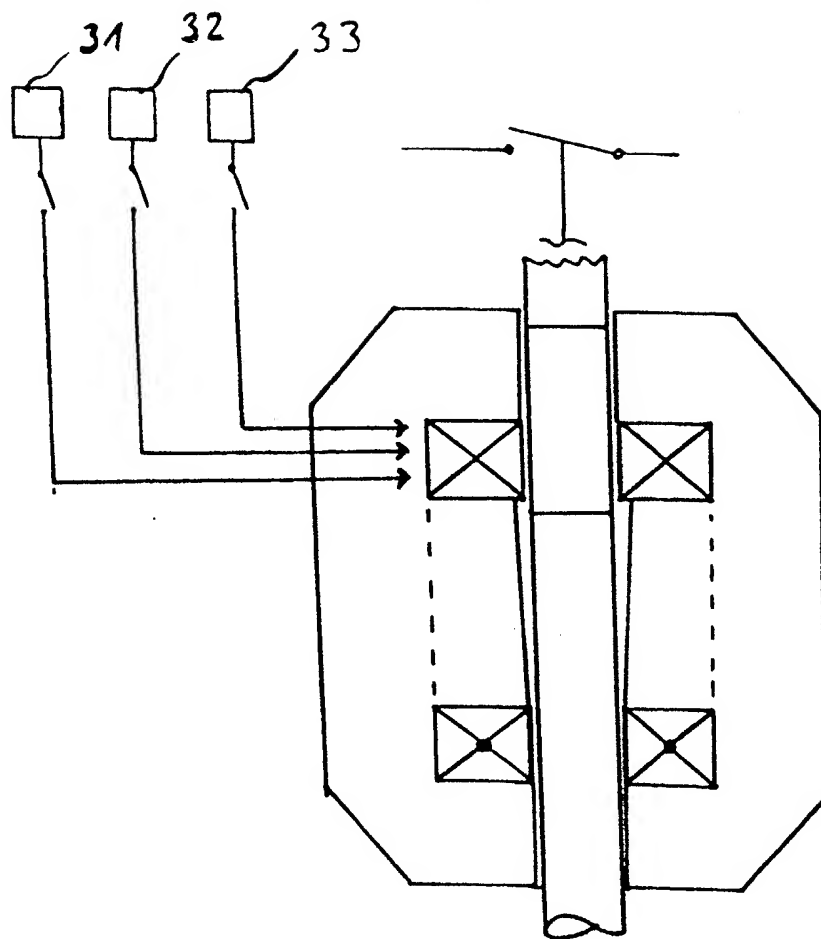


Fig 3

VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT DEM GEBIET DES PATENTWESENS

PCT

INTERNATIONALER VORLÄUFIGER PRÜFUNGSBERICHT

(Artikel 36 und Regel 70 PCT)

REC'D 12 JUL 2001

WIPO

PCT

Aktenzeichen des Anmelders oder Anwalts 1999 P 08536 WO	WEITERES VORGEHEN siehe Mitteilung über die Übersendung des internationalen vorläufigen Prüfungsberichts (Formblatt PCT/IPEA/416)	
Internationales Aktenzeichen PCT/DE 00/ 01981	Internationales Anmeldedatum (Tag/Monat/Jahr) 20/06/2000	Prioritätsdatum (Tag/Monat/Jahr) 22/06/1999
Internationale Patentklassifikation (IPK) oder nationale Klassifikation und IPK H02K41/02		
Anmelder SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT et al.		

1. Der internationale vorläufige Prüfungsbericht wurde von der mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragten Behörde erstellt und wird dem Anmelder gemäß Artikel 36 übermittelt.



2. Dieser **BERICHT** umfaßt insgesamt 5 Blätter einschließlich dieses Deckblatts.

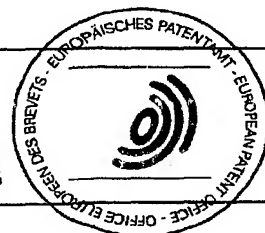
☒ Außerdem liegen dem Bericht **ANLAGEN** bei; dabei handelt es sich um Blätter mit Beschreibungen, Ansprüchen und/oder Zeichnungen, die geändert wurden und diesem Bericht zugrunde liegen, und/oder Blätter mit vor dieser Behörde vorgenommenen Berichtigungen (siehe Regel 70.16 und Abschnitt 607 der Verwaltungsvorschriften zum PCT)

Diese Anlagen umfassen insgesamt 17 Blätter.

3. Dieser Bericht enthält Angaben und die entsprechenden Seiten zu folgenden Punkten:

- I ☒ Grundlage des Berichts
- II ☐ Priorität
- III ☐ Keine Erstellung eines Gutachtens über Neuheit, erfinderische Tätigkeit und gewerbliche Anwendbarkeit
- IV ☐ Mangelnde Einheitlichkeit der Erfindung
- V ☒ Begründete Feststellung nach Artikel 35(2) hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung
- VI ☐ Bestimmte angeführte Unterlagen
- VII ☒ Bestimmte Mängel der internationalen Anmeldung
- VIII ☒ Bestimmte Bemerkungen zur internationalen Anmeldung

Datum der Einreichung des Antrags 16/01/2001	Datum der Fertigstellung dieses Berichts 10.07.01
Name und Postanschrift der mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragten Behörde  Europäisches Patentamt D-80298 München Tel. (+49-89) 2399-0, Tx: 523656 epmu d Fax: (+49-89) 2399-4465	Bevollmächtigter Bediensteter  C. Bournot



I. Grundlage des Berichts

1. Dieser Bericht wurde erstellt auf der Grundlage (Ersatzblätter, die dem Anmeldeamt auf eine Aufforderung nach Artikel 14 hin vorgelegt wurden, gelten im Rahmen dieses Berichts als "ursprünglich eingereicht" und sind ihm nicht beigelegt, weil sie keine Änderungen enthalten.)

☐ der internationalen Anmeldung in der ursprünglich eingereichten Fassung

☒ der Beschreibung, Seite

in der ursprünglich eingereichten Fassung

Seite 1 - 14

, eingereicht mit dem Antrag

Seite

, eingereicht mit Schreiben vom

☒ der Ansprüche, Nr.

in der ursprünglich eingereichten Fassung

Nr.

in der nach Artikel 19 geänderten Fassung

Nr.

, eingereicht mit dem Antrag

Nr. 1 - 11

, eingereicht mit Schreiben vom 30.05.01

☒ der Zeichnungen, Blatt / Abb. 1/3 - 3/3

in der ursprünglich eingereichten Fassung

Blatt / Abb.

, eingereicht mit dem Antrag

Blatt / Abb.

, eingereicht mit Schreiben vom

2. Aufgrund der Änderungen sind folgende Unterlagen fortgefallen:

☐ Beschreibung: Seite

☐ Ansprüche: Nr.

☐ Zeichnungen: Blatt / Abb.

3. ☐ Dieser Bericht ist ohne Berücksichtigung (von einigen) der Änderungen erstellt worden, da diese aus den im Zusatzfeld angegebenen Gründen nach Auffassung der Behörde über den Offenbarungsgehalt in der ursprünglich eingereichten Fassung hinausgehen (Regel 70.2 c)).

4. Etwaige zusätzliche Bemerkungen:

V. Begründete Feststellung nach Artikel 35 (2) hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung

1. Feststellung

Neuheit	Ansprüche	1 - 11	JA
	Ansprüche		NEIN
Erfinderische Tätigkeit	Ansprüche	1 - 11	JA
	Ansprüche		NEIN
Gewerbliche Anwendbarkeit	Ansprüche	1 - 11	JA
	Ansprüche		NEIN

2. Unterlagen und Erklärungen

Anspruch 1:

N, ET: Die GB-A-829 782 (nächst kommender Stand der Technik) offenbart einen magnetischen Linearantrieb entsprechend dem Oberbegriff des Anspruchs 1. Unterschiedlich gegenüber diesem Stand der Technik ist erfindungsgemäß insbesondere, daß der magnetisch aktive Teil in zwei Endpositionen dauerhaft positionierbar und durch Einwirkung eines Stromes von einer ersten Endposition in eine zweite Endposition überführbar ist.

Beim Stand der Technik schließen sich die Feldlinien der beiden Permanentmagnete über die Kerne des Magnetkreises in der Mittellage (siehe GB-A-829 782, Seite 2, Zeilen 50 - 58), so daß durch diese Konstruktion der bewegbare Teil nur in einer einzigen Mittellage dauerhaft zu positionieren ist.

Somit ist der Gegenstand des Anspruchs 1 durch die GB-A-829 782 nicht nahegelegt und genügt den Erfordernissen des Artikels 33 (2) und (3) PCT.

Das gleiche gilt für das Verfahren gemäß den unabhängigen Ansprüchen 7 und 11.

Die abhängigen Ansprüche 2 bis 6 und 8 bis 10 beziehen sich auf zweckmäßige Ausführungsformen des magnetischen Linearantriebs gemäß Anspruch 1 und des Verfahrens gemäß Anspruch 7.

GA: Die gewerbliche Anwendbarkeit des beanspruchten magnetischen Linearantriebs und dessen Betriebsverfahren ist offensichtlich.

VII. Bestimmte Mängel der internationalen Anmeldung

Es wurde festgestellt, daß die internationale Anmeldung nach Form oder Inhalt folgende Mängel aufweist:

In der Beschreibungseinleitung fehlt die Angabe des relevanten Standes der Technik (GB-A-829 782) (Regel 5.1 (a), (ii) PCT).

VIII. Bestimmte Bemerkungen zur internationalen Anmeldung

Zur Klarheit der Patentansprüche, der Beschreibung und der Zeichnungen oder zu der Frage, ob die Ansprüche in vollem Umfang durch die Beschreibung gestützt werden, ist folgendes zu bemerken:

Die Beschreibungseinleitung ist an den neuen Ansprüchen nicht angepaßt (Regel 6 PCT).

Beschreibung

Magnetischer Linearantrieb

5 Die Erfindung bezieht sich auf einen magnetischen Linearantrieb, insbesondere für einen elektrischen Schalter mit einer mit einem Strom beaufschlagbaren Spule, in deren Innerem durch den Strom in einer Axialrichtung ein magnetischer Fluß erzeugbar ist.

10

Aus der US-Patentschrift 4,817,494 ist ein magnetischer Linearantrieb zum Beschleunigen eines Projektils bekannt.

15 Aus der US-Patentschrift 5,719,451 ist ebenfalls ein magnetischer Linearantrieb bekannt, dort beispielsweise zur Anwendung in Flüssigkeitspumpen. Den dort dargestellten Linearantrieben ist gemeinsam, dass eine Magnetspule einen Anker in Axialrichtung der Spule beschleunigt.

20 Ein derartiger magnetischer Linearantrieb ist beispielsweise auch aus der GB 10 68 610 bekannt. Bei dem dort beschriebenen Antrieb handelt es sich um einen Antrieb für ein Ventil, bei dem mittels der Bewegung eines Ankers ein Flüssigkeitskanal abgesperrt oder geöffnet wird.

25

Der Anker weist dort einen Permanentmagneten auf, dessen magnetischer Fluß in seinem Inneren in der Bewegungsrichtung des Ankers und senkrecht zu der Axialrichtung ausgerichtet ist.

30

In seinen Endstellungen fährt der Anker jeweils gegen mechanische Anschläge derart, daß jeweils ein Pol des Dauermagneten mit dem Anschlag in Berührung kommt und daß durch die ma-

gnetische Wirkung des Dauermagneten dieser an dem Anschlag gehalten wird.

Wird die Spule mit einem Strom beaufschlagt, so muß die magnetische Wirkung des Stroms zunächst die Haltekraft des Permanentmagneten am Anschlag überwinden. Dies äußert sich in einer Verzögerung der Ankerbeschleunigung. Außerdem wird der Anker bei seiner Bewegung zu einer Endstellung hin erst unmittelbar vor Erreichen des Anschlages zum Anschlag gezogen, da der zwischen dem Pol des Permanentmagneten und der Anschlagsfläche befindliche Luftspalt erst zum Ende der Bewegung hin genügend verkleinert ist.

Demgegenüber liegt der vorliegenden Erfindung die Aufgabe zugrunde, einen magnetischen Linearantrieb der eingangs genannten Art zu schaffen, der eine unverzögerte Beschleunigung des Ankers bei geringem konstruktivem Aufwand und geringem Steuerungsaufwand erreicht.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß der magnetische Linearantrieb, mit einem Anker versehen ist, der ausschließlich senkrecht zu der Axialrichtung beweglich ist und der einen magnetisch aktiven Teil aufweist, dessen Bewegungsbahn durch einen Luftspalt innerhalb eines die Spule durchsetzenden Kernes hindurch oder an einer Stirnseite des Kernes vorbeiführt, wobei der magnetisch aktive Teil unmagnetisiert ist oder derart magnetisiert ist, daß der magnetische Fluß innerhalb des magnetisch aktiven Teils parallel oder antiparallel zu der Axialrichtung verläuft.

30

Wird die Spule mit einem Strom beaufschlagt, so wird in ihrem Inneren in der Axialrichtung ein magnetischer Fluß erzeugt, der innerhalb des Kernes verläuft und im Bereich des Luftspal-

tes aus dem Kern austritt. Ein magnetisch aktiver Teil eines Ankers, der beispielsweise ferromagnetisch unmagnetisiert oder magnetisiert, insbesondere dauermagnetisiert in einer Richtung antiparallel zu der Richtung des magnetischen Flusses der Spule ist, wird zum Spuleninneren hin beschleunigt. Ein Magnet, dessen innerer magnetischer Fluß parallel zum Fluß der Spule ausgerichtet ist, wird aus dem Inneren der Spule heraus abgestoßen. Dieser Effekt wird zum Antrieb des Ankers ausgenutzt.

10

Insbesondere dann, wenn der magnetisch aktive Teil ferromagnetisch oder als Dauermagnet in antiparalleler Richtung zu der Axialrichtung magnetisiert ist, kann der magnetische Linearantrieb vorteilhaft als Schalterantrieb für einen elektrischen Schalter, beispielsweise einen Hochspannungsschalter oder einen Vakuumschalter, verwendet werden.

Befindet sich der Anker in einer Endposition seiner Bewegungsbahn derart, daß beim Einschalten des Spulenstromes der magnetische Fluß der Spule zu einem geringen Anteil durch den magnetisch aktiven Teil hindurchtritt, so führt dies dazu, daß der Anker zur Spulenmitte hin beschleunigt wird, bis ein maximaler Teil des magnetischen Flusses der Spule durch den magnetisch aktiven Teil hindurchtritt. Während der Bewegung des Ankers wird der Stromfluß durch die Spule mittels einer Steuereinrichtung unterbrochen, so daß der Anker aufgrund seiner dynamischen Energie und der dynamischen Energie der angetriebenen Massen sich über die Spule hinaus weiter bewegt, ohne daß der magnetische Fluß der Spule durch die Einwirkung auf den magnetisch aktiven Teil den Anker abbremsen kann.

GR 1999 P 0853

4

Auf diese Weise ist eine optimale Beschleunigung des Ankers zu Beginn der Bewegung gewährleistet.

Ein gewünschtes Beschleunigungsprofil des Ankers kann beispielsweise dadurch erreicht werden, daß der Luftspalt zwischen dem Kern und der Bewegungsbahn des magnetisch aktiven Teils entlang der Bewegungsbahn unterschiedlich breit ausgebildet wird. Je geringer der Luftspalt in einem bestimmten Bereich entlang der Bewegungsbahn ist, desto größer ist die Kraftwirkung auf den Anker in diesem Bereich.

Mit dem Anker ist beispielsweise eine Antriebsstange eines elektrischen Schalters verbunden, die ihrerseits einen Schaltkontakt einer Unterbrechereinheit antreibt.

Mechanische Anschläge können im Bereich der Schaltstange oder im Bereich des Linearantriebs selbst realisiert sein.

Eine vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, daß der magnetisch aktive Teil magnetisiert ist und daß in wenigstens einer Endposition des magnetisch aktiven Teils dieser wenigstens teilweise derart im Bereich eines außerhalb der Spule angeordneten Jochkörpers angeordnet ist, daß der aus dem magnetisch aktiven Teil aus- oder in diesen eintretende magnetische Fluß wenigstens zum Teil unmittelbar durch eine dem magnetisch aktiven Teil zugewandte Begrenzungsfläche des Jochkörpers hindurchtritt.

Die Begrenzungsfläche ist vorteilhaft im wesentlichen senkrecht zu der Axialrichtung ausgerichtet.

Für den Fall, daß der magnetisch aktive Teil magnetisiert, beispielsweise als Elektromagnet, oder dauermagnetisiert ist,

hat der magnetische Fluß des magnetisch aktiven Teils die Tendenz, einen Luftspalt zu einem benachbart angeordneten Jochkörper möglichst zu verringern.

- 5 Im Endbereich der Bewegungsbahn des Ankers ist wenigstens ein Jochkörper angeordnet, in den der magnetische Fluß des magnetisch aktiven Teils wenigstens auf einem Teil der Länge des magnetisch aktiven Teils eintreten kann.
- 10 Auf den Anker findet somit eine Kraftwirkung statt, die bestrebt ist, eine möglichst große Überlappung zwischen dem magnetisch aktiven Teil und dem Jochkörper zu erzeugen derart, daß möglichst der gesamte magnetische Fluß des magnetisch aktiven Teils in den Jochkörper durch eine möglichst senkrecht
- 15 zu der Axialrichtung angeordnete Begrenzungsfläche eintreten kann. Die Kraftwirkung in Richtung der Bewegungsbahn des Ankers ist im wesentlichen unabhängig davon, wie weit der magnetisch aktive Teil und der Jochkörper überlappen.
- 20 Hierdurch ist eine von der Stellung des Ankers im Endbereich der Bewegung im wesentlichen unabhängige Haltekraft realisiert, die den Anker in einer seiner Endpositionen hält.

Eine derartige Anordnung kann vorteilhaft für beide Endpositionen des magnetisch aktiven Teils bzw. des Ankers realisiert sein.

- Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, daß der Spule bezüglich der Bewegungsbahn des magnetisch
- 30 aktiven Teils eine zweite Spule gegenüberliegt, die mit einem Strom in demselben Richtungssinn wie die erste Spule beaufschlagbar ist.

Durch zwei in der dargestellten Weise kombinierte Spulen ist ein entsprechend größerer magnetischer Fluß erzeugbar, was zu einer größeren potentiellen Beschleunigung des Ankers führt.

- 5 Außerdem kann vorgesehen sein, daß die erste und die zweite Spule in Bewegungsrichtung des Ankers gegeneinander versetzt sind.

- 10 Durch einen derartigen Versatz der Spulen in Bewegungsrichtung des Ankers gegeneinander kann ein bestimmtes Beschleunigungsprofil entlang der Bewegungsbahn erreicht werden.

Es kann auch vorgesehen sein, daß jede der Spulen für jeweils eine der Bewegungsrichtungen des Ankers genutzt wird.

15

- Außerdem kann vorteilhaft vorgesehen sein, daß zwei Jochkörper vorgesehen sind, die einander bezüglich der Bewegungsbahn des magnetisch aktiven Teils gegenüberliegen und die zwischen sich Luftspalte bilden, die wenigstens teilweise von der Bewegungsbahn des magnetisch aktiven Teils durchsetzt sind.
- 20

- Durch einen weiteren Jochkörper, der dem ersten Jochkörper bezüglich der Bewegungsbahn des magnetisch aktiven Teils gegenüberliegt, wird der magnetische Kreis sowohl für den Fluß durch die Spule als auch für den Fluß des magnetisch aktiven Teils in jeder der Endpositionen geschlossen, so daß jeweils eine große Kraftwirkung sowohl für die Beschleunigung als auch für die Haltekraft in den Endpositionen erreicht wird.
- 25

- 30 Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, in der Steuerungseinrichtung mehrere aufladbare und fallweise gemeinsam oder alternativ mit der Spule verbindbare Ladekondensatoren vorgesehen sind.

Die verschiedenen Ladekondensatoren können für unterschiedliche Schaltfälle (beispielsweise unterschiedliche Belastungsfälle eines anzutreibenden Leistungsschalters) oder unterschiedlich für eine Ein- und Ausschaltung genutzt werden.

Die Erfindung bezieht sich außerdem auf ein Verfahren zum Betrieb eines magnetischen Linearantriebs, bei dem vorgesehen ist, daß die Spule zum Antrieb des Ankers in verschiedene Richtungen jeweils mit einem Strom gleicher Richtung beaufschlagt wird.

Gleich in welcher Endposition sich der Anker bzw. der magnetisch aktive Teil befindet, wird er bei Erzeugung eines magnetischen Flusses im Inneren der Spule zum Spuleninneren hin beschleunigt. Wird der Strom durch die Spule rechtzeitig unterbrochen, so bewegt sich der Anker bis zu der jeweils anderen Endposition. Dies vereinfacht die Ansteuerung der Spule beträchtlich.

Das erfindungsgemäße Verfahren kann vorteilhaft dadurch ausgestaltet werden, daß die Beaufschlagung mit einem Strom beendet wird, bevor das magnetisch aktive Teil seine Endposition erreicht hat.

Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung sieht vor, daß der Stromfluß durch die Spule unterbrochen wird, sobald aufgrund eines elektrischen Schwingungsvorgangs die Speisespannung ihr Vorzeichen umkehrt.

Da die Spule eine elektrische Induktivität sowie einen ohmschen Widerstand darstellt und im Normalfall durch eine Kapazität gespeist wird, ergibt sich ein elektrischer Schwing-

kreis in der Ansteuerung des Linearantriebs. Dies führt zur Entstehung einer elektrischen Schwingung, so daß die an der Spule anliegende Speisespannung irgendwann ihr Vorzeichen umkehrt.

5

Dies würde eine Umkehrung des magnetischen Flusses bedeuten, was eine Umkehrung der magnetischen Kraftwirkung auf den magnetisch aktiven Teil bedeuten würde, die ungewollt ist. Daher wird vorteilhaft die Speisespannung überwacht und der
10 Stromfluß durch die Spule unterbrochen, sobald die Speisespannung ihr Vorzeichen umkehrt.

Es kann auch vorteilhaft vorgesehen sein, daß der Stromfluß zu einem Ladekondensator umgeleitet wird, sobald die Speisespannung aufgrund eines elektrischen Schwingungsvorgangs ihr
15 Vorzeichen umkehrt.

Eine weitere vorteilhafte Gestaltung eines Verfahrens zum Betrieb eines erfindungsgemäßen Linearantriebs sieht vor,
20 dass zuerst ein Strom in der Spule erzeugt wird, dessen resultierender magnetischer Fluss in der Spule antiparallel zu einer Magnetisierung des magnetisch aktiven Teils gerichtet ist, sofern dieses magnetisiert ist, und dass, nachdem das magnetisch aktive Teil auf seiner Bewegungsbahn
25 den Ort der größten Magnetfeldstärke der Spule erreicht hat, die Stromrichtung durch die Spule umgekehrt wird.

Durch Anwendung dieses Verfahrens wird der Anker zunächst beschleunigt, während er zum Spuleninneren gezogen wird.
30 Nachdem das magnetisch aktive Teil den Ort der größten Magnetfeldstärke innerhalb der Spule erreicht hat, würde er, wenn der Strom durch die Spule weiter fließen würde, abgebremst. Kehrt man zu diesem Zeitpunkt die Stromrichtung

in der/den Spule(n) um, so wird das magnetisch aktive Teil zu Bereichen geringerer Magnetfeldstärke gedrückt, das heißt zum Spulenäußeren. Dadurch findet eine fortgesetzte Kraftwirkung auf den Anker statt, so dass auch größere äußere Lasten

5 überwunden werden können. Dieser Effekt tritt auch ohne ein anfängliche Magnetisierung des magnetisch aktiven Teils ein aufgrund der Restmagnetisierung nach Durchlaufen der ersten Phase der Bewegung.

10 Für die Umkehrung der Stromrichtung bietet sich eine passende Dimensionierung der Ladekondensatoren der Spulen an, die in dem aus Kondensator und Spule gebildeten Schwingkreis ein Schwingverhalten mit einer geeigneten Zeitkonstanten zur Folge hat. Dadurch kehrt sich der Spulenstrom selbsttätig zum
15 geeigneten Zeitpunkt um. Hierfür kann auch eine elektronische Steuerung vorgesehen sein.

Im folgenden wird die Erfindung anhand eines Ausführungsbeispiels in einer Zeichnung gezeigt und anschließend beschrieben.
20

Dabei zeigt

Figur 1 schematisch im Querschnitt den magnetischen Linearantrieb,

25 Figur 2 eine Ansteuerungsschaltung für die Spule des Linearantriebs und

Figur 3 schematisch die Energieversorgung für den Linearantrieb.

30 In der Figur 1 ist ein magnetischer Linearantrieb dargestellt, mit einem Anker 1, der aus einem Stab 2 aus glasfaserverstärktem Kunststoff und einem magnetisch aktiven Teil 3 aus einem dauermagnetischem Werkstoff besteht und an den an

5 einem Ende eine Schaltstange 4 angekoppelt ist, die nur schematisch dargestellt und mit einem antreibbaren Schaltkontakt 5 der Unterbrechereinheit eines Hochspannungsleistungsschalters verbunden ist. Der Linearantrieb erzeugt Bewegungen in Richtung des Doppelpfeiles 6.

10 Der Anker 1 bewegt sich in dem Luftspalt 7 zwischen einem ersten Jochkörper 8 und einem zweiten Jochkörper 9, die einander bezüglich der Bewegungsbahn des Ankers 1 spiegelbildlich gegenüberliegen.

Jeder der Jochkörper weist eine ringförmige Ausnehmung auf, in die jeweils eine Spule 10, 11 eingebracht ist. Die Spulen 10, 11 sind jeweils mit elektrischen Anschlüssen versehen und
15 mittels einer Steuereinrichtung mit einem Strom beaufschlagbar.

Wird wenigstens eine der Spulen 10, 11 mit einem Strom beaufschlagt, so ist beispielsweise die Stromrichtung derart, daß
20 im oberen Teil der Spule 10 der Strom in die Zeichenebene hineinläuft und im unteren Teil der Spule der Strom aus der Zeichenebene austritt wie durch den Punkt 12 veranschaulicht wird.

25 Hierdurch wird ein magnetischer Fluß in der Axialrichtung 34 erzeugt, der durch die Pfeile 13 dargestellt ist und der durch einen ersten Kern 14 des ersten Jochkörpers 8 innerhalb der Spule 10 und durch einen zweiten Kern 15 des zweiten Jochkörpers 9 innerhalb der Spule 11 hindurchtritt.

30

In der dargestellten Endposition des Ankers, in der dieser in nicht dargestellter Weise an einem mechanischen Anschlag ruht, tritt bereits ein Teil 16 des magnetischen Flusses 13

der Spulen 10, 11 durch einen Randbereich des magnetisch aktiven Teils 3 des Ankers hindurch.

Der übrige Teil des magnetischen Flusses 13 der Spulen 10, 11 muß den breiten Luftspalt zwischen den Kernen 14, 15 überwinden, der durch den GFK-Körper des Ankers 1 nicht überbrückt wird.

Demgemäß hat der magnetische Fluß die Tendenz, den magnetisch aktiven Teil 3 in der Darstellung nach unten zu beschleunigen, so daß der magnetische Fluß 13 der Spulen 10, 11 auf einer möglichst großen Länge des magnetisch aktiven Teils 3 durch diesen hindurchtritt und antiparallel zu dem im Inneren des magnetisch aktiven Teils 3 herrschenden magnetischen Fluß 17 verläuft.

Wenn der magnetisch aktive Teil 3 etwa in der Mitte der Spulen 10, 11 angekommen ist, wird der Stromfluß durch die Spulen 10, 11 unterbrochen, um ein Abbremsen des magnetischen Teils beim Austritt aus dem Fluß 13 der Spulen 10, 11 zu verhindern.

Der Anker bewegt sich aufgrund der dynamischen Energie weiter, bis daß eine zweite, gestrichelt dargestellte Endposition 36 des magnetisch aktiven Teils 3 erreicht ist.

In dem Bewegungsbereich vor Erreichen der Endposition hat der magnetische Fluß 17 innerhalb des magnetisch aktiven Teils 3 das Bestreben, über einen möglichst geringen Luftspalt in einen der Jochkörper 8, 9 ein und aus diesem wieder auszutreten.

Die auf den Anker in seinen Endpositionen wirkenden Haltekräfte werden anhand der in der Figur 1 dargestellten oberen Endposition beschrieben.

- 5 Wenn der Stromfluß durch die Spulen 10, 11 unterbrochen ist, entfällt der magnetische Fluß 13.

Ein Teil des magnetischen Flusses 17 im Inneren des magnetisch aktiven Teils 3 kann unmittelbar in den Jochkörper 8 durch die Begrenzungsfläche 35 eintreten, wobei der Fluß über
10 den zweiten Jochkörper 9 unter Zwischenschaltung der unvermeidbaren Luftspalte geschlossen wird, so daß von dort der magnetische Fluß wieder in den magnetisch aktiven Teil 3 eintreten kann.

15

Die Teile 18 des magnetischen Flusses in dem magnetisch aktiven Teil 3, die in Höhe einer Spulenwicklung 10, 11 liegen, müssen einen breiten Luftspalt überwinden, um in einen Jochkörper 8 einzutreten. Daher besteht in der dargestellten Kon-
20 stellation das Bestreben, den magnetisch aktiven Teil 3 weiter nach oben zu bewegen, um eine möglichst große Überlappung der Länge des magnetisch aktiven Teils 3 mit dem Teil des Jochkörpers 8 oberhalb der Spule 10 zu erreichen.

- 25 Die magnetische Kraftwirkung auf den Anker 1 ist hierbei weitgehend unabhängig davon, wieweit der magnetisch aktive Teil 3 mit dem Teil des Jochkörpers 8 oberhalb der Spule 10 bereits überlappt. Daher ist die Haltekraft auf den Anker in der Endposition weitgehend unabhängig von mechanischen Tole-
30 ranzen.

Entsprechendes gilt für die andere, gestrichelt dargestellte Endposition des Ankers.

In der Figur 1 ist außerdem dargestellt, daß beide Jochkörper 8, 9 im Bereich der Kerne 14, 15 entlang der Bewegungsbahn des magnetisch aktiven Teils derart profiliert sind, daß der Luftspalt zwischen dem Anker 3 und den Jochkörpern 8, 9 nach oben hin breiter wird. Dies bedeutet, daß die Kraftwirkung auf den magnetisch aktiven Teil 3 während dessen Bewegungen nach oben abnimmt. Auf diese Weise kann beim Ausschalten der Unterbrechereinheit zum Anfang der Bewegung eine hohe Beschleunigung und zu deren Ende hin eine schwächer werdende Beschleunigung erreicht werden. Außerdem ist denkbar, daß beispielsweise die zweite Spule 11 gegenüber der ersten Spule 10 nach unten entlang der Bewegungsbahn des Ankers 1 versetzt ist, so daß bei einem Ausschaltvorgang, d. h. einer Bewegung des Ankers 1 von unten nach oben, zunächst die zweite Spule 11 die Hauptlast der Beschleunigung tragen würde und später die erste Spule 10.

Auch hierdurch läßt sich eine bestimmte Profilierung der Beschleunigung erreichen.

In der Figur 2 ist eine Ansteuerschaltung gezeigt, mit einem Ladekondensator 19, der über einen ersten IGBT (insulated-gate bipolar Transistor) 20 und einen zweiten IGBT 21 mit der Spule 22 innerhalb des magnetischen Linearantriebs verbindbar ist. Mit 23 ist der ohmsche Widerstand der Spule 22 und ihrer Zuleitungen symbolisch bezeichnet.

Werden die IGBT's 20, 21 durchgeschaltet, so fließt ein Strom durch die Spule 22 in Richtung des mit 24 bezeichneten Pfeiles. Dieser fließt durch den ersten IGBT 20 und weiter entlang der Pfeile 25, 26, 27.

Entlädt sich der Kondensator 19, so sinkt die Spannung an der Spule 22 und es wird dort eine Gegenspannung induziert, die bestrebt ist, die Stromstärke des Stromes 24 aufrecht zu erhalten. Die Gegenspannung an der Spule 22 ist der Speisespannung entgegengesetzt, so daß sich ein Spannungsulldurchgang
5 ergibt. Zu diesem Zeitpunkt werden die IGBT's 21, 22 ausgeschaltet, d. h. sie sperren den Strom.

Der durch die Spannung innerhalb der Spule 22 induzierte
10 Strom fließt über die Dioden 28, 29 in Richtung des Pfeiles 30 zu dem Kondensator 19 zurück und lädt diesen teilweise wieder auf. Dadurch wird Energie beim Betrieb des Linearantriebs gespart, was insbesondere dann von Bedeutung ist, wenn ein mit diesem angetriebener Hochspannungsschalter im Notbe-
15 trieb mittels Batterien betrieben werden muß.

Die Figur 3 zeigt schematisch die Energieversorgung eines Linearantriebs über drei unterschiedliche Ansteuerungseinheiten 31, 32, 33, von denen jede einen eigenen Ladekondensator auf-
20 weist, wobei die Ladekondensatoren unterschiedliche Kapazitäten haben können. Hierdurch wird für unterschiedliche Schaltfälle jeweils eine unterschiedliche Energiemenge in Form von in den Ladekondensatoren gespeicherter elektrischer Feldenergie zur Verfügung gestellt.

25

Die unterschiedlichen Ansteuerungen 31, 32, 33 können auch für schnell aufeinander folgende Aus-Ein-Aus-Schaltungen genutzt werden.

Patentansprüche

1. Magnetischer Linearantrieb, insbesondere für einen elektrischen Schalter, mit einer mit einem Strom beaufschlagbaren Spule (10,11), in deren Innerem durch den Strom in einer Axialrichtung (34) ein magnetischer Fluß (13) erzeugbar ist, mit einem Anker (1), der ausschließlich senkrecht zu der Axialrichtung (34) beweglich ist und der einen magnetisch aktiven Teil (3) aufweist, dessen Bewegungsbahn durch einen Luftspalt (7) innerhalb eines die Spule (10,11) durchsetzenden Kernes (14,15) hindurch oder an einer Stirnseite des Kernes (14,15) vorbeiführt, wobei der magnetisch aktive Teil (3) unmagnetisiert ist oder derart magnetisiert ist, daß der magnetische Fluß (17) innerhalb des magnetisch aktiven Teils (3) parallel oder antiparallel zu der Axialrichtung (34) verläuft,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass
der magnetisch aktive Teil in zwei Endpositionen dauerhaft positionierbar und durch Einwirkung eines Stromes von einer ersten Endposition in eine zweite Endposition überführbar ist.

2. Magnetischer Linearantrieb nach Anspruch 1,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass
der magnetisch aktive Teil (3) magnetisiert ist und daß in wenigstens einer Endposition des magnetisch aktiven Teils (3) dieser wenigstens teilweise derart im Bereich eines außerhalb der Spule angeordneten Jochkörpers (8,9) angeordnet ist, daß der aus dem magnetisch aktiven Teil (3) aus- oder in diesen eintretende magnetische Fluß (17) wenigstens zum Teil unmittelbar durch eine dem magnetisch aktiven Teil zugewandte Begrenzungsfläche (35) des Jochkörpers hindurchtritt.

GEÄNDERTES BLATT

3. Magnetischer Linearantrieb nach einem der Ansprüche 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Spule (10) bezüglich der Bewegungsbahn des magnetisch aktiven Teils (3) eine zweite Spule (11) gegenüberliegt, die mit der ersten Spule (10) mit einem Strom in demselben Richtungssinn wie die erste Spule (10) beaufschlagbar ist.
4. Magnetischer Linearantrieb nach Anspruch 1, 2 oder 3,
dadurch gekennzeichnet, dass
die erste und die zweite Spule (10,11) in Bewegungsrichtung des Ankers (1) gegeneinander versetzt sind.
5. Magnetischer Linearantrieb nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
dadurch gekennzeichnet, dass
zwei Jochkörper (8,9) vorgesehen sind, die einander bezüglich der Bewegungsbahn des magnetisch aktiven Teils (3) gegenüberliegen und die zwischen sich Luftspalte (7) bilden, die wenigstens teilweise von der Bewegungsbahn des magnetisch aktiven Teils (3) durchsetzt sind.
6. Magnetischer Linearantrieb nach einem der Ansprüche 1 bis 5 mit einer Steuerungseinrichtung,
dadurch gekennzeichnet, dass
in der Steuerungseinrichtung (31,32,33) mehrere aufladbare und fallweise gemeinsam oder alternativ mit einer Spule verbindbare Ladekondensatoren (19) vorgesehen sind.
7. Verfahren zum Betrieb eines magnetischen Linearantriebs nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Spule (10,11) zum Antrieb des Ankers (1) in verschiedene

Richtungen jeweils mit einem Strom gleicher Richtung beaufschlagt wird.

8. Verfahren nach Anspruch 7,

- 5 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass
die Beaufschlagung mit einem Strom beendet wird, bevor das magnetisch aktive Teil (3) seine Endposition erreicht hat.

9. Verfahren nach Anspruch 8,

- 10 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass
der Stromfluß durch die Spule (10,11) unterbrochen wird, sobald aufgrund eines elektrischen Schwingungsvorgangs die Speisespannung ihr Vorzeichen umkehrt.

15 10. Verfahren nach Anspruch 8,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass
der Stromfluß zu einem Ladekondensator (19) umgeleitet wird, sobald die Speisespannung aufgrund eines elektrischen Schwingungsvorgangs ihr Vorzeichen umkehrt.

20

11. Verfahren zum Betrieb eines magnetischen Linearantriebes nach Anspruch 1,

- d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass
zuerst ein Strom in der Spule (10,11) erzeugt wird, dessen
25 resultierender magnetischer Fluss in der Spule (10,11)
antiparallel zu einer Magnetisierung des magnetisch aktiven Teils (3) gerichtet ist, sofern dieses magnetisiert ist, und dass, nachdem das magnetisch aktive Teil (3) auf seiner Bewegungsbahn den Ort der größten Magnetfeldstärke der Spule
30 (10,11) erreicht hat, die Stromrichtung durch die Spule
(10,11) umgekehrt wird.